



TUGAS AKHIR - TM 141585

**SIMULASI *FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE*
DENGAN VARIASI BAHAN DAN KETEBALAN
MENGUNAKAN STANDAR CEN 14766**

**IRVAN HEDAPRATAMA
NRP 2112 106 007**

**Dosen Pembimbing
Alief Wikarta ST., M.Sc., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TM 141585

**FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE SIMULATION
WITH MATERIALS AND THICKNESS VARIATION
USING STANDARD CEN 14766**

**IRVAN HEDAPRATAMA
NRP 2112 106 007**

**Academic Supervisor
Alief Wikarta ST., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

**SIMULASI *FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE*
DENGAN VARIASI BAHAN DAN KETEBALAN
MENGUNAKAN STANDAR CEN 14766**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Desain
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

IRVAN HEDAPRATAMA

Nrp. 2112 106 007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD.
(NIP. 198202102006041002)(Pembimbing)
2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc. PhD
(NIP. 195106051978031002)(Penguji I)
3. Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E
(NIP. 196511031990021001)(Penguji II)
4. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST, MT
(NIP. 197004121997032003)(Penguji III)

**SURABAYA
JANUARI, 2016**

SIMULASI *FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE* DENGAN VARIASI BAHAN DAN KETEBALAN MENGGUNAKAN STANDAR CEN 14766

Nama Mahasiswa : Irvan Hedapratama
NRP : 2112 106 007
Jurusan : S1 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Alief Wikarta, ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang transportasi dewasa ini sangatlah pesat, salah satunya yaitu sepeda kayuh yang umum digunakan untuk lintasan offroad adalah MTB atau mountain bike karena desainnya yang mampu menerima beban static dan fatigue yang baik serta ergonomis. Tujuan dari simulasi ini adalah mengetahui distribusi tegangan fatigue dan daerah kritis dari masing-masing bahan dengan variasi ketebalan pada pipa penyusun frame sepeda MTB, mengetahui nilai minimum cycle proses uji fatigue yang dipakai dari frame sepeda MTB dan memberikan usulan perbaikan apabila hasil yang diperoleh menunjukkan tidak aman.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja sepeda adalah frame atau rangka badan sepeda tersebut. Metode penelitian ini adalah melakukan variasi bahan dan ketebalan pada pipa penyusun rangka frame. Variasi bahan yang digunakan adalah Steel AISI 4130 dan Aluminium AA 6061 T6 sedangkan variasi ketebalan pada pipa penyusun rangka frame adalah 1,4; 1,6 dan 1,8 (mm). Simulasi pada penelitian ini memakai standar CEN 14766 yaitu frame fatigue test with horizontal loads dan frame fatigue test with vertical loads dengan Software berbasis metode elemen hingga yang dipakai yaitu Solidworks 2015. Dalam simulasinya untuk frame fatigue test with horizontal loads gaya diberikan pada dummy fork ke arah horizontal dan fixed support

terletak pada bagian rearend, sedangkan frame fatigue test with vertical loads gaya diberikan pada dummy seatpost ke arah vertikal dan fixed support juga terletak pada bagian rearend.

Hasil penelitian ini didapatkan nilai life minimum terkecil dalam pengujian fatigue frame with horizontal force bahan Steel sebesar 12985 pada ketebalan 1,4 mm, sedangkan nilai life minimum terkecil dalam pengujian fatigue frame with minimum dalam pengujian fatigue frame with vertical force sebesar 1.000.000 cycle pada setiap ketebalan. Untuk bahan alumunium horizontal force sebesar 257 pada ketebalan 1,4 mm, untuk pengujian fatigue frame with vertical force alumunium nilai life minimum terkecil sebesar 120433 pada ketebalan 1,4 mm. Dari hasil frame modifikasi untuk Steel didapatkan life minimum sebesar 67244 pada pembebanan horizontal, sedangkan pada pembebanan vertikal didapatkan nilai life minimum sebesar 1.000.000 cycle. Kemudian frame modifikasi untuk bahan alumunium pada pembebanan horizontal life minimum sebesar 60208 dan pada pembebanan vertikal sebesar 1.000.000 cycle.

Kata kunci: *frame mountain bike, variasi tebal frame, variasi bahan frame, metode elemen hingga*

FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE SIMULATION WITH MATERIALS AND THICKNESS VARIATION USING STANDARD CEN 14766

Student name : Irvan Hedapratama
NRP : 2112 106 007
Major : Bachelor of mechanical engineering
FTI-ITS
Academic Supervisor : Alief Wikarta, ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Technological developments in the field of transport is very rapid today, one of which is a bicycle that commonly used for offroad track is MTB or mountain bike because the designs are able to receive static and fatigue loads as well as ergonomic. The purpose of this simulation was to determine the distribution of stress fatigue and critical areas of each material with thickness variation in the pipe of frame MTB, knowing the value of the minimum cycle test process fatigue wear of the bike frame MTB and give propose improvements if the results obtained showed no secure.

One example of the factors that affect performance of the bike is frame or the body of bicycle. This research method is to perform the material and thickness variations in pipe which is the framework of the frame. The material Variations that used in this research is AISI 4130 Steel and Aluminum AA 6061 T6 and also variations in thickness of the pipe framework of the frame is 1.4; 1.6 and 1.8 (mm). Simulations standard in this study used CEN 14 766 which is the frame fatigue test with horizontal loads and fatigue test frames with vertical loads by finite element method-based software that used is Solidworks 2015. In the simulation for the frame fatigue test with horizontal force loads applied on the dummy fork and the direction horizontal for fixed support lies at

rearend, while the frame fatigue test with vertical loads on the dummy seatpost is applied to the vertical direction and fixed support is also located on the rearend.

Results of this study, the smallest value of life in a fatigue test frames with a horizontal force is 12985 at Steel with thickness of 1.4 mm , while the minimum value of life in a fatigue test frames with vertical force of 1,000,000 cycles at each thickness. For Aluminum material the smallest value of life in a fatigue test frames with a horizontal force of 257 at a thickness of 1.4 mm, for aluminum fatigue frame with vertical force smallest value of life is 120433 at a thickness of 1.4 mm. From the results of Steel frame modifications a minimum life is 67244 on the horizontal loading, whereas the vertical load value obtained minimum life of 1,000,000 cycles. Then from frame modifications with aluminum material on the horizontal imposition of a minimum life is 60208 and the vertical load is 1,000,000 cycles .

Keywords: *MTB bike frame, bicycle frame thickness variation, bicycle frame materials variation, finite element method*

KATA PENGANTAR

Rasa syukur, hormat dan pujian penulis sampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan hidup, teguran, harapan, semangat dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul:

SIMULASI *FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE* DENGAN VARIASI BAHAN DAN KETEBALAN MENGGUNAKAN STANDAR CEN 14766

Keberhasilan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Dengan ini saya mengucapkan terima kasih atas bantuan, petunjuk, arahan, dan bimbingan kepada yang terhormat:

1. Bapak Widarto, Ibu Heri Juniastuti, dan Adik-adikku, Adit Ilham Nugroho dan Nafi Nahda Sabira yang selalu memahami, memberikan dukungan moral maupun materiil, dan doa yang tulus. Semoga penulis bisa membanggakan keluarga dan menjadi orang yang bermanfaat bagi keluarga dan lingkungan.
2. Bapak Alief Wikarta, ST., M.Sc., Ph.D., sebagai dosen pembimbing atas segala bimbingan dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik
3. Bapak Ir. Bambang Pramujati, Msc.Eng, PhD selaku Ketua Jurusan S1 Teknik Mesin FTI-ITS
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutardi, M.Eng., sebagai dosen wali.
5. Bapak Prof. I Nyoman Sutantra, MSc, PhD., Dr. Wiwiek Hendrowati, ST. MT., dan Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E., sebagai pembahas dan penguji mulai saat seminar sampai ujian sidang Tugas Akhir saya.
6. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmu yang tak ternilai dan karyawan yang memberikan banyak kemudahan dan kerjasama selama ini.

7. Teman seperjuangan dalam Tugas Akhir ini Juli Marta, Edwin Wahyudi Tambun, Fitria Rachmawati, Filipi Adi Cahya, dan Gamei Suyono Putra
8. Teman-teman di Lab. Mekanika Benda Padat yang telah banyak membantu selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman Lintas Jalur S1 Teknik Mesin 2012 dan 2013 semester genap dan ganjil, alif, ina, surya, joko, dian, ayu, robin, edo, bisma, kemal, falah, eza, gigih, windra, arifin dan lainnya yang tidak dapat disebutkan semua.

Saya mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, bimbingan, dan fasilitas yang telah diberikan kepada saya hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini. Saya menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya mengharapkan saran dan kritik untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi masyarakat luas.

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Rumusan Masalah	2
1.3.	Tujuan Tugas Akhir.....	2
1.4.	Batasan Masalah.....	3
1.5	Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.6	Sistematika Penulisan Laporan.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1	Pengenalan dan bagian mountain bike	5
2.1.1	<i>Frame</i>	6
2.1.1.1	Top Tube	7
2.1.1.2	<i>Head Tube</i>	7
2.1.1.3	<i>Seat Tube</i>	8
2.1.1.4	<i>Down Tube</i>	8
2.1.1.5	<i>Seat Stay</i>	8
2.1.1.6	<i>Chain Stay</i>	8
2.1.1.7	<i>Bottom Bracket</i>	9
2.2	Standar Pengujian CEN.....	9

2.2.1	<i>Frame impact test (falling mass)</i>	9
2.2.2	<i>Impact test (falling frame)</i>	11
2.2.3	<i>Fatigue test with pedaling forces</i>	11
2.2.4	<i>Fatigue test with horizontal loads (Head Tube test)</i>	12
2.2.5	<i>Fatigue test with vertical loads</i>	13
2.3	Teori Kegagalan lelah (fatigue)	14
2.4	Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Method</i>)...20	
2.5	Pustaka penelitian dahulu	22

BAB III METODOLOGI

3.1	Diagram Alir Perancangan	35
3.2	Studi Literatur.....	36
3.3	Identifikasi Masalah	36
3.4	Data <i>Frame mountain bike</i>	37
3.4.1	Geometri dan Data Material	38
3.5	Beban uji fatigue CEN.....	40
3.6	Pemodelan dengan <i>Solidworks 2015</i>	40
3.7	<i>Boundary Conditions</i> dan <i>force</i> dengan <i>CEN</i>	40
3.7.1	<i>Boundary Conditions</i> dan <i>force</i> 1 (<i>frame fatigue test with vertical force</i>)	41
3.7.2	<i>Boundary Conditions</i> dan <i>force</i> 2 (<i>frame fatigue test with horizontal force</i>)	41
3.8	Metodologi Simulasi.....	43
3.9	Evaluasi hasil dan kesimpulan.....	45

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1	Hasil Simulasi <i>static horizontal force</i>	49
-----	---	----

4.2	Hasil simulasi <i>static vertical force</i>	51
4.3	Contoh Perhitungan <i>Fatigue</i>	55
4.4	Hasil Simulasi <i>fatigue</i>	57
4.4.1	Hasil Simulasi <i>fatigue with horizontal force</i>	57
4.4.1.1	Frame variasi 1 (Bahan Steel Ketebalan 1,4 mm)	57
4.4.1.2	Frame variasi 2 (Bahan Steel Ketebalan 1,6 mm)	60
4.4.1.3	Frame variasi 3 (Bahan Steel Ketebalan 1,8 mm)	63
4.4.1.4	Frame variasi 4 (Bahan Al Ketebalan 1,4 mm)	66
4.4.1.5	Frame variasi 5 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)	69
4.4.1.6	Frame variasi 6 (Bahan Al Ketebalan 1,8 mm)	72
4.4.2	Hasil Simulasi <i>fatigue with vertical force</i>	75
4.4.2.1	Frame variasi 1 (Bahan Steel Ketebalan 1,4 mm)	75
4.4.2.2	Frame variasi 2 (Bahan Steel Ketebalan 1,6 mm)	77
4.4.2.3	Frame variasi 3 (Bahan Steel Ketebalan 1,8 mm)	80
4.4.2.4	Frame variasi 4 (Bahan Al Ketebalan 1,4 mm)	82
4.4.2.5	Frame variasi 5 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)	85
4.4.2.6	Frame variasi 6 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)	88
4.5	Pembahasan Hasil Simulasi.....	91
4.5.1	Analisa Perbandingan <i>frame</i> bahan steel.....	91
4.5.2	Analisa Perbandingan <i>frame</i> bahan aluminium.....	94
4.5.3	Analisa <i>frame</i> modifikasi.....	96

4.5.3.1 Analisa <i>frame</i> modifikasi bahan steel.....	97
4.5.3.2 Analisa <i>frame</i> modifikasi bahan aluminium	99

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	101
5.2 Saran.....	102

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 MTB cross country dan bagiannya	5
Gambar 2. 2 <i>Frame</i> dengan bahan berbeda.....	6
Gambar 2. 3 Bagian-bagian <i>frame</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Impact test (falling mass)</i>	10
Gambar 2. 5 <i>Impact test (falling frame)</i>	11
Gambar 2. 6 <i>Fatigue test with pedaling force</i>	12
Gambar 2. 7 <i>Fatigue test with horizontal loads</i>	13
Gambar 2. 8 <i>Fatigue test with vertical loads</i>	14
Gambar 2. 9 Diagram Soderberg.....	16
Gambar 2. 10 Tegangan <i>Equivalen</i>	16
Gambar 2. 11 Diagram pertumbuhan <i>fatigue</i>	18
Gambar 2. 12 Diagram <i>Alternating Stress vs Cycles to failure</i> ...	19
Gambar 2. 13 Penyusunan alat ukur dan ilustrasi pengukuran massa pengemudi	23
Gambar 2. 14 Kontur tegangan ekuivalen dan <i>deformed shape</i> rangka normal.....	23
Gambar 2. 15 Kontur tegangan ekuivalen dan <i>deformed shape</i> rangka modifikasi	24
Gambar 2. 16 Pengujian <i>fatigue horizontal force</i>	24
Gambar 2. 17 <i>Fixed support</i> bagian <i>rear end</i> pada <i>frame</i>	25
Gambar 2. 18 Arah gaya pada elemen kontak <i>fork</i> dan <i>seat post</i>	25
Gambar 2. 19 <i>Von misses fatigue test</i> dengan <i>horizontal force</i> ..	26
Gambar 2. 20 <i>Von misses fatigue test</i> dengan <i>vertical force</i>	26
Gambar 2. 21 Pengujian sebenarnya siklus 17405 sampai <i>crack</i>	27
Gambar 2. 22 Optimasi pengecilan sudut.....	27
Gambar 2. 23 Optimasi pelebaran jarak	28
Gambar 2. 24 Model setelah optimasi dan hasil simulasinya.....	28
Gambar 2. 25 <i>Frame</i> dibagi menjadi 100 <i>beam elements</i>	29
Gambar 2. 26 Delapan titik penempatan gaya pada <i>frame</i>	30
Gambar 2. 27 Defleksi yang terjadi pada <i>frame</i> Trek 770 dengan beban yang ada	31

Gambar 2. 28 Defleksi yang terjadi pada Bador <i>frame</i> dengan beban <i>Static Start-up</i>	31
Gambar 2. 29 Nilai Von-Misses yang terjadi pada <i>frame</i> Trek 770 dan Bador.....	32
Gambar 2. 30 Grafik <i>frame weight versus strain energy</i> pada ketiga <i>frame</i> dengan pembebanan <i>Static Start-up</i>	33
 Gambar 3. 1: Diagram alir tugas akhir	35
Gambar 3. 2 Polygon XTRADA 4.0	37
Gambar 3. 3 Data Geometri Polygon XTRADA 4.0.....	38
Gambar 3. 4 Pemodelan <i>frame</i> dengan <i>solidworks 2015</i>	40
Gambar 3. 5 <i>Boundary conditions</i> dan <i>loads</i>	41
Gambar 3. 6 <i>Boundary conditions</i> dan <i>loads</i>	42
Gambar 3. 7 Flowchart Simulasi	44
 Gambar 4. 1 Skema percobaan	48
Gambar 4. 2(a) Gaya horizontal -600 N (b) Gaya horizontal +1200 N (c) <i>fixed</i> pada bagian <i>rear end frame</i>	49
Gambar 4. 3 Letak maksimum von misses pada <i>horizontal force</i> (a) -600 N (b) +1200 N.....	50
Gambar 4. 4(a) Gaya vertikal +1200 N (b) tumpuan <i>roller</i> pada <i>fork dummy</i> (c) <i>fixed</i> pada bagian <i>rear end frame</i>	53
Gambar 4. 5 Letak maksimum von misses pada <i>vertical force</i> ...	54
Gambar 4. 6 <i>Life frame</i> variasi 1	58
Gambar 4. 7 Area <i>cycle</i> minimum.....	58
Gambar 4. 8 <i>Safety factor frame</i> variasi 1	59
Gambar 4. 9 <i>Damage frame</i> variasi 1	60
Gambar 4. 10 <i>Life frame</i> variasi 2	61
Gambar 4. 11 Area <i>cycle</i> minimum.....	61
Gambar 4. 12 <i>Safety factor frame</i> variasi 2	62
Gambar 4. 13 <i>Damage frame</i> variasi 2.....	63
Gambar 4. 14 <i>Life frame</i> variasi 3	64
Gambar 4. 15 Area <i>cycle</i> minimum.....	64
Gambar 4. 16 <i>Safety factor frame</i> variasi 3	65

Gambar 4. 17 <i>Damage frame</i> variasi 3.....	65
Gambar 4. 18 <i>Life frame</i> variasi 4.....	66
Gambar 4. 19 <i>Area cycle</i> minimum.....	67
Gambar 4. 20 <i>Safety factor frame</i> variasi 4.....	68
Gambar 4. 21 <i>Damage frame</i> variasi 4.....	68
Gambar 4. 22 <i>Life frame</i> variasi 5.....	70
Gambar 4. 23 <i>Area cycle</i> minimum.....	70
Gambar 4. 24 <i>Safety factor frame</i> variasi 5.....	71
Gambar 4. 25 <i>Damage frame</i> variasi 5.....	71
Gambar 4. 26 <i>Life frame</i> variasi 6.....	73
Gambar 4. 27 <i>Area cycle</i> minimum.....	73
Gambar 4. 28 <i>Safety factor frame</i> variasi 6.....	74
Gambar 4. 29 <i>Damage frame</i> variasi 6.....	74
Gambar 4. 30 <i>Life frame</i> variasi 1 <i>vertical force</i>	76
Gambar 4. 31 <i>Safety factor frame</i> variasi 1 <i>vertical force</i>	76
Gambar 4. 32 <i>Damage frame</i> variasi 1 <i>vertical force</i>	77
Gambar 4. 33 <i>life frame</i> variasi 2 <i>vertical force</i>	78
Gambar 4. 34 <i>Safety factor frame</i> variasi 2 <i>vertical force</i>	79
Gambar 4. 35 <i>Damage frame</i> variasi 2 <i>vertical force</i>	79
Gambar 4. 36 <i>life frame</i> variasi 3 <i>vertical force</i>	81
Gambar 4. 37 <i>Safety factor frame</i> variasi 3 <i>vertical force</i>	81
Gambar 4. 38 <i>Damage frame</i> variasi 3 <i>vertical force</i>	82
Gambar 4. 39 <i>life frame</i> variasi 4 <i>vertical force</i>	83
Gambar 4. 40 Letak titik minimum <i>cycle</i> 120433,781	84
Gambar 4. 41 <i>Safety factor frame</i> variasi 4 <i>vertical force</i>	84
Gambar 4. 42 <i>Damage frame</i> variasi 3 <i>vertical force</i>	85
Gambar 4. 43 Hasil simulasi <i>fatigue frame vertical force</i> variasi 5	86
Gambar 4. 44 Letak titik minimum <i>cycle</i> 174813,703	87
Gambar 4. 45 <i>Safety factor frame</i> variasi 5 <i>vertical force</i>	87
Gambar 4. 46 <i>Damage frame</i> variasi 5 <i>vertical force</i>	88
Gambar 4. 47 Hasil simulasi <i>fatigue frame vertical force</i> variasi 6	89
Gambar 4. 48 Letak titik minimum <i>cycle</i> 200169,859	90
Gambar 4. 49 <i>Safety factor frame</i> variasi 6 <i>vertical force</i>	90

Gambar 4. 50 <i>Damage frame</i> variasi 6 <i>vertical force</i>	91
Gambar 4.51 Grafik nilai <i>life</i> simulasi uji <i>fatigue steel</i>	93
Gambar 4. 52 Grafik nilai <i>life</i> uji <i>fatigue with vertical force</i>	96
Gambar 4. 53 Grafik nilai <i>life</i> simulasi uji <i>fatigue</i> alumunium...96	
Gambar 4. 54 <i>Frame</i> modifikasi (a) frame perbaikan steel, (b) frame perbaikan aluminium.....	97
Gambar 4. 55 Hasil simulasi <i>life</i> pembebanan horizontal bahan Steel modifikasi.....	97
Gambar 4.56 Hasil simulasi <i>life</i> pembebanan vertikal bahan Steel modifikasi.....	98
Gambar 4.57 Hasil simulasi <i>life</i> pembebanan horizontal bahan Aluminium modifikasi.....	99
Gambar 4. 58 Hasil simulasi <i>life</i> pembebanan vertikal	100

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Frame</i>	38
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Frame</i>	39
Tabel 3.3 Desain eksperimen	45
Tabel 4. 1 Maksimum <i>static von misses horizontal force</i>	51
Tabel 4. 2 Maksimum <i>static von misses vertical force</i>	54
Tabel 4. 3 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 1	57
Tabel 4. 4 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 2	60
Tabel 4. 5 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 3	63
Tabel 4. 6 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 4	66
Tabel 4. 7 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 5	69
Tabel 4. 8 Hasil simulasi pembebanan <i>horizontal</i> variasi 6	72
Tabel 4. 9 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 1	75
Tabel 4. 10 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 2	78
Tabel 4. 11 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 3	80
Tabel 4. 12 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 4	83
Tabel 4. 13 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 5	86
Tabel 4. 14 Hasil simulasi pembebanan <i>vertical</i> variasi 6	89
Tabel 4. 15 Perbandingan hasil simulasi <i>fatigue frame with horizontal force</i> material AISI 4130 Steel	92
Tabel 4.16 Perbandingan hasil simulasi <i>fatigue frame with vertical force</i> material AISI 4130 Steel.....	92
Tabel 4.17 Perbandingan hasil simulasi <i>fatigue frame with horizontal force</i> material AA 6061 T6 Aluminium.....	94
Tabel 4.18 Perbandingan hasil simulasi <i>fatigue frame with vertical force</i> material AA 6061 T6 Aluminium.....	95
Tabel 4.19 Hasil simulasi frame modifikasi steel	98
Tabel 4.20 Hasil simulasi frame modifikasi aluminium	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alat transportasi darat jarak dekat melalui perkembangan teknologi dewasa ini banyak macamnya dan salah satu yang masih diminati kembali saat ini adalah sepeda. Sepeda tidak hanya digunakan untuk bersenang-senang saja, namun dapat pula dipakai untuk pergi ke kampus atau ke kantor. Bahkan saat ini banyak komunitas yang mengajak anggotanya untuk ke kantor naik sepeda bersama.

Pada umumnya jenis sepeda yang sering dipakai untuk perjalanan harian itu adalah *mountain bike* atau lebih dikenal dengan sebutan sepeda *MTB*. Sepeda *mountain bike* dapat disebut pula sebagai sepeda segala medan dengan ban dengan profil menonjol keluar, shock absorber, dan kerangka (*frame*). Bagian-bagian sepeda tersebut, salah satu komponen terpenting adalah *frame*, karena tidak hanya menahan beban pengendara tapi juga *frame* sepeda *MTB* ini harus tahan dari beban fatigue yang disebabkan oleh medan yang tidak selalu mulus dan bahkan keluar dari aspal atau *offroad*. Oleh karena itu, ketika mendesain struktur dalam *frame* tersebut haruslah memperhatikan beban fatigue *static* maupun *dynamic* dengan standar standar yang ada agar mengetahui dimana letak patahan (*crack*) dan siklus proses sampai *frame* tersebut patah.

Andra Berlianto Tedja dan Bambang Daryanto W. [1] melakukan penelitian terhadap *frame* sepeda *fixie* dengan beban statis dan melakukan modifikasi pada ketinggian sambungan antara *top tube* dan *seat tube*.

Sungging Pintowantoro dan kawan-kawan [2] meneliti *frame* sepeda gunung jenis *hardtail* dengan bahan material Low – Alloy Steel AISI 4130 dengan variasi sudut antara *toptube-headtube* dan variasi jarak posisi titik sambung *toptube-headtube* dengan titik sambung *downtube-headtube*

melalui standar EN 14766 untuk mendapatkan nilai *fatigue life* siklus rangka sepeda tersebut.

Leisha A. Peterson dan Kelly J. Londry [3] meneliti tentang *frame* sepeda *road bike* asal Amerika dan Prancis dengan variasi bahan dan desain *frame* untuk mengetahui tingkat kekakuan pada desain *frame* tersebut menggunakan software berbasis elemen hingga.

Melihat belum adanya penelitian tentang *frame* sepeda *mountain bike* (MTB) dengan melakukan variasi terhadap bahan dan ketebalan pipa penyusun *frame* sepeda MTB melalui standar CEN 14766 mendorong penulis untuk mengambil tugas akhir dengan judul: “SIMULASI *FATIGUE FRAME MOUNTAIN BIKE* DENGAN VARIASI BAHAN DAN KETEBALAN MENGGUNAKAN STANDAR CEN 14766”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi tegangan *fatigue* dan daerah kritis dari masing-masing bahan dengan variasi ketebalan pada pipa penyusun *frame* sepeda MTB.
2. Bagaimana nilai minimum *cycle* proses uji *fatigue* yang dipakai dari *frame* tersebut.
3. Bagaimana perbaikan atau solusi yang dilakukan agar *frame* tetap aman?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Mengacu pada perumusan masalah, maka tujuan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui distribusi tegangan *fatigue* dan daerah kritis dari masing-masing bahan dengan variasi ketebalan pada pipa penyusun *frame* sepeda MTB.
2. Mengetahui nilai minimum *cycle* proses uji *fatigue* yang dipakai dari *frame* sepeda MTB.

3. Memberikan usulan perbaikan apabila hasil yang diperoleh menunjukkan tidak aman.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tipe *frame* yang digunakan adalah *mountain bike frame*.
2. Analisis hanya dilakukan pada bagian *frame* dari *mountain bike*.
3. Gaya-gaya yang dicari hanya gaya *fatigue* statis maupun dinamis mengacu pada standar CEN 14766.
4. Energi panas dari lingkungan diabaikan.
5. Tidak membahas pengaruh pengelasan sambungan pipa.
6. Analisa yang digunakan hanya meliputi *fatigue analysis*.
7. *Software* yang digunakan adalah *software SOLIDWORKS*.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Tugas akhir ini memiliki manfaat antara lain sebagai berikut :

1. Membantu untuk mendapatkan *frame* sepeda dengan bentuk desain, bahan dan tebal pipa yang paling baik dalam menahan beban *fatigue*.
2. Sebagai referensi untuk penelitian berikutnya dalam hal *frame* sepeda.
3. Menambah pengetahuan tentang *frame* sepeda khususnya *mountain bike frame*.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan terdiri dari 5 bab yang masing-masing bab berisi sebagai berikut:

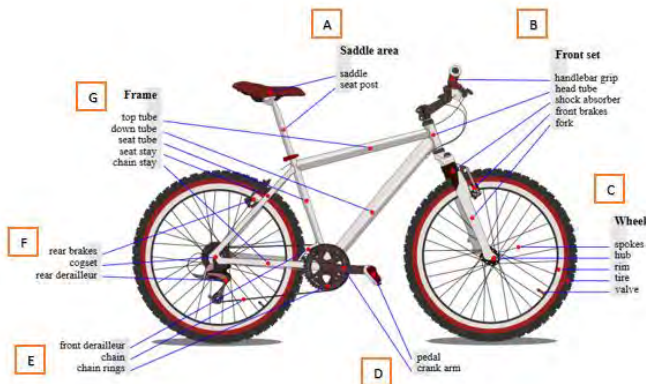
1. Bab 1 Pendahuluan, bab ini berisi latar belakang perancangan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat tugas akhir dan sistematika penulisan laporan.

2. Bab 2 Dasar Teori, bab ini berisi dasar-dasar ilmu yang mendukung pengerjaan tugas akhir.
3. Bab 3 Metodologi, bab ini berisi langkah-langkah pemodelan *frame mountain bike* serta langkah-langkah pembebanan dengan standarnya dalam melakukan simulasi.
4. Bab 4 Hasil dan Analisa, dalam bab ini berisi hasil simulasi dari uji *fatigue frame mountain bike* beserta pembahasannya.
5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran, pada bab ini berisi kesimpulan dari simulasi yang telah dilakukan dan saran-saran agar mendapatkan analisis yang lebih baik.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengenalan dan bagian mountain bike

Sepeda gunung atau biasa disebut *mountain bike* (MTB) merupakan sepeda yang dapat digunakan pada berbagai kondisi jalan, karena desain MTB memang diciptakan untuk jalan yang tidak rata dan secara ergonomis nyaman dipakai. Kebanyakan konsumen membeli sepeda MTB jenis *cross country* seperti pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2. 1 MTB cross country dan bagiannya

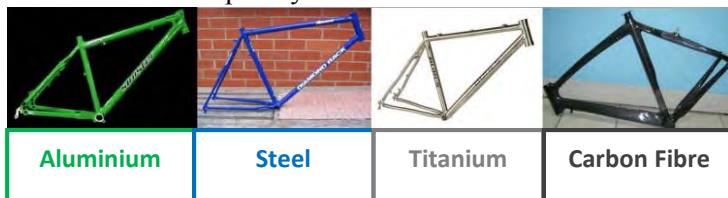
Bagian-bagian MTB secara garis besar dapat dilihat pada gambar 2.1, dibagi menjadi tujuh bagian yaitu:

- Saddle area*: di bagian ini terdapat tempat duduk pengendara (*saddle*), dan pipa penghubung antara *saddle* dengan *frame* (*seat post*).
- Front set*: pada bagian ini terdapat karet yang berguna sebagai pegangan serta kendali pengemudi (*handlebar grip*), bagian; depan *frame* sepeda (*head tube*), peredam getaran bagian depan (*shock absorber*), rem bagian depan (*front*

- brakes*), dan bagian penghubung roda depan dengan pipa kemudi (*fork*).
- c. *Wheel*: terdapat bagian yang berupa jeruji-jeruji panjang (*spokes*), as kecil roda bagian depan (*hub*), *velg* bagian depan (*rim*), ban depan (*tire*), katup saluran angin untuk ban (*valve*).
 - d. Bagian yang berguna sebagai pijakan kaki (*pedal*) serta batang yang memindahkan gaya dari kaki menuju ke *gear* depan (*crank arm*).
 - e. Bagian yang berguna sebagai transmisi pemindah *level* kecepatan rantai bagian depan (*front derailleur*), rantai sepeda (*chain*), serta *gear* bagian depan (*chain rings*).
 - f. Rem bagian belakang (*rear brakes*), *gear* bagian belakang (*cogset*), dan transmisi pemindah *level* kecepatan rantai bagian belakang (*rear derailleur*).
 - g. *Frame*: kerangka sepeda yang merupakan pipa-pipa yang disambung menjadi satu. Bagian pipa tersebut adalah: *top tube*, *down tube*, *seat tube*, *seat stay*, *chain stay*, dan *head tube*. *Frame* akan dijelaskan lebih lanjut pada sub-bab dibawah.

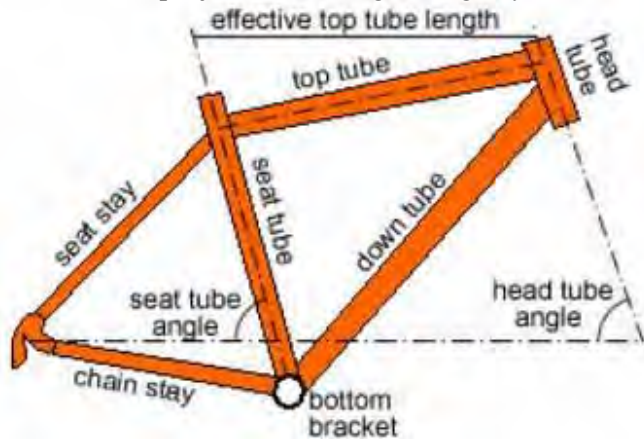
2.1.1 *Frame*

Frame atau biasa disebut rangka sepeda merupakan salah satu komponen penting dari sepeda. Dapat dilihat pada gambar 2.2 bahwa bahan pembentuk *frame* ini ada bermacam – macam, diantaranya: *Aluminium*, *Steel*, *Titanium* dan bahkan ada yang memakai bahan komposit yaitu *Carbon Fibre*.



Gambar 2. 2 *Frame* dengan bahan berbeda

Ada tiga jenis tipe pada *frame* yaitu: *rygid*, *hardtail*, dan *full suspension* akan tetapi nama pada bagian-bagian *frame* biasanya tidak jauh berbeda diantara jenis tipe *frame* tersebut. Pada Gambar 2.3 dibawah adalah penjelasan dari bagian-bagian *frame*:



Gambar 2. 3 Bagian-bagian *frame*

2.1.1.1 *Top Tube*

Top tube adalah bagian atas dari rangka sepeda, yang panjangnya dapat menentukan ukuran *frame* dan penggunaan sepeda. Bagian ini menghubungkan *seat tube* dengan *head tube*.

2.1.1.2 *Head Tube*

Head tube merupakan bagian yang menghubungkan *frame* dengan *fork*. Pada *head tube* ada komponen *bearing*, letaknya di atas dan bawah lubang *head tube*. *Bearing* berfungsi untuk mengurangi hambatan karena gesekan sehingga memudahkan *handling* kemudi. Derajat kemiringan *head tube* atau *head tube angle* juga mempengaruhi *handling* pengemudi, apabila derajatnya

makin kecil maka posisi duduk akan semakin menunduk dan bila derajatnya makin besar maka posisi tubuh akan lebih tegak. Untuk mountain bike aliran cross country biasanya memakai sudut antara 70 sampai 71 derajat.

2.1.1.3 *Seat Tube*

Seat tube merupakan bagian dengan fungsi sebagai dudukan dari *seat post* juga penghubung antara *seat stay* dan *chain stay*. Panjang maupun diameter *seat tube* sangat mempengaruhi ukuran *frame* serta jenis *seat post*. Pada *seat tube* biasanya terdapat *front derailleur* atau *bottle cage* (tempat minum).

2.1.1.4 *Down Tube*

Letak bagian ini berada di bawah yang tersambung diantara *head tube* dengan *bottom bracket*. *Down tube* memiliki variasi lengkungan yang berbeda-beda pada tiap jenis sepeda, hal ini dipengaruhi dari kegunaan dari sepeda tersebut.

2.1.1.5 *Seat Stay*

Seat stay berada pada bagian belakang sepeda, dan berfungsi untuk menopang *seat tube*, *chain stay* serta ban belakang. Ukuran panjang *seat stay* juga mempengaruhi *handling*, bila ukurannya semakin panjang maka semakin stabil akan tetapi bila ukurannya semakin pendek maka ketika digunakan maka semakin lincah

2.1.1.6 *Chain Stay*

Chain stay yang terletak di bagian bawah sepeda ini menghubungkan *seat stay* dan *bottom bracket*. Sama seperti *seat stay*, ukuran panjang *chain stay* juga mempengaruhi *handling*. Apabila *chain stay* panjang maka sepeda tidak akan gampang terangkat ketika menuruni bukit, sebaliknya apabila *chain stay* pendek maka sepeda akan lebih mudah ketika berbelok ketika menghindari bebatuan. Untuk aplikasinya, *chain stay* panjang dapat ditemui pada mountain bike aliran *downhill* sedangkan *chain stay* pendek pada mountain bike aliran *free ride*.

2.1.1.7 Bottom Bracket

Bottom Bracket terletak dibagian bawah *seat tube* yang menghubungkan *chain stay*, *seat tube* dan *down tube* dalam satu *frame*. Bagian ini juga berfungsi sebagaiudukan dari *as crankset*. Ada banyak ukuran panjang diameter luar untuk *bottom bracket* yaitu: 68 mm, 70 mm, 73 mm, 83 mm, dan 100 mm akan tetapi produsen sepeda saat ini lebih banyak memakai ukuran 68 mm dan 73 mm pada *mountain bike*.

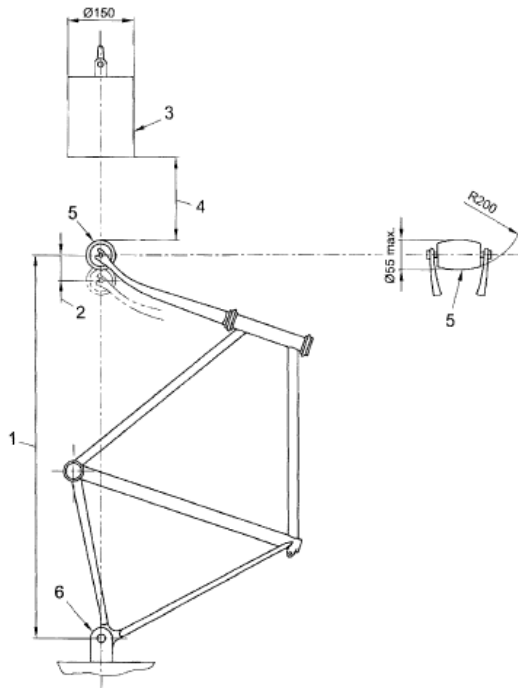
2.2 Standar Pengujian CEN

Pada penelitian ini menggunakan acuan standar CEN (*The European Committee for standardization*) yang merupakan standar resmi eropa. CEN menyediakan platform untuk pengembangan standar eropa dan dokumen teknis lainnya untuk berbagai macam produk termasuk sepeda. Banyak nomor seri untuk sepeda yang disediakan oleh CEN seperti: CEN 14764 (*City Bike*), CEN 14781 (*Racing Bike*), CEN 14766 (*Mountain Bike*) dan lain-lain. Isi dari CEN untuk sepeda adalah standar pengujian dari komponen-komponen sepeda dengan tujuan agar hasil produk yang dihasilkan nanti mempunyai *lifetime* pemakaian yang lama serta aman ketika digunakan. Dalam penelitian ini standar yang dipakai adalah CEN 14766 yang masuk kategori sepeda *mountain bike*. Untuk komponen *frame mountain bike* dalam CEN 14766 ada beberapa pengujian dalam standar lab yang ada sebelum sepeda dijual secara umum. Berikut adalah penjelasan isi dari standar pengujian *frame* CEN 14766:

2.2.1 Frame impact test (falling mass)

Test ini bertujuan untuk mengetahui apakah *frame* kuat menahan beban ketika dijatuhkan beban secara vertikal dengan posisi *frame* sepeda yang juga mengarah kearah vertikal seperti pada Gambar 2.4 berikut ini:

Dimensions in millimetres



Key

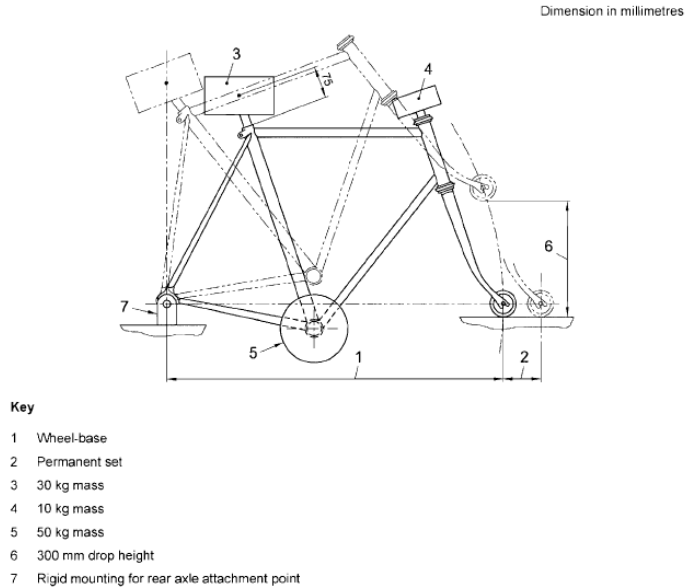
- 1 Wheel-base
- 2 Permanent set
- 3 22,5 kg striker
- 4 360 mm drop height
- 5 Low mass roller (1 kg max.)
- 6 Rigid mounting for rear axle attachment point

Gambar 2. 4 *Impact test (falling mass)*

Frame akan lolos pengujian ini apabila tidak terdapat retakan atau patahan pada pipa maupun sambungan *frame*, dan juga lolos apabila perbedaan panjang pada *permanent set* tidak lebih dari 30 mm ketika *fork* disambung atau tidak lebih dari 10 mm ketika besi padat berada di atas *fork*.

2.2.2 Impact test (falling frame)

Test yang digambarkan pada Gambar 2.5 ini dilakukan untuk mengetahui apakah *frame* dapat bertahan dari retakan maupun patahan, ketika *frame* dengan beban pada *seat tube* di jatuhkan dan posisi jatuhnya *frame* secara horizontal serta *fix* pada bagian *rear end*.



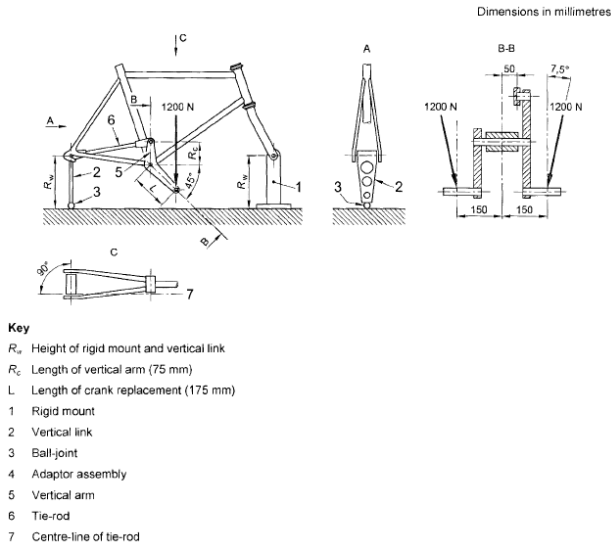
Gambar 2. 5 Impact test (falling frame)

Frame akan dikatakan lolos uji *test* ini apabila tidak ditemukan retak atau patahan pada pipa dan sambungan *frame*, lalu perbedaan jarak diantara kedua *wheel axles* setelah dilakukan *test* juga tidak melebihi 60 mm.

2.2.3 Fatigue test with pedaling forces

Pengujian *frame* pada Gambar 2.6 ini bertujuan untuk mengetahui apakah *frame* dapat menahan beban *fatigue* yang

disebabkan oleh gaya yang ditekan pada pedal sepeda dengan batas siklus yang ditentukan.

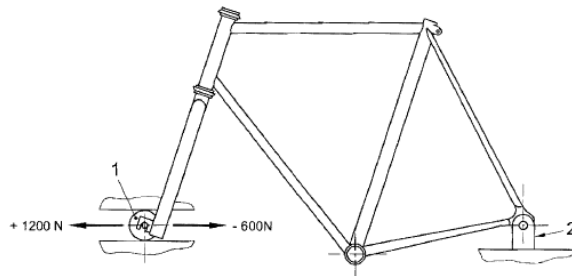


Gambar 2. 6 *Fatigue test with pedaling force*

Frame akan lolos pada pengujian ini ketika tidak ditemukan retak atau patah pada pipa dan sambungan dengan batas siklus yang sudah ditetapkan (100.000 siklus).

2.2.4 *Fatigue test with horizontal loads (Head Tube test)*

Pada pengujian Gambar 2.7, *frame* akan diberikan gaya secara *horizontal* pada bagian *hub fork* searah dengan *frame* yang diletakan *horizontal* lalu *fix* pada bagian *rear end*.



Key

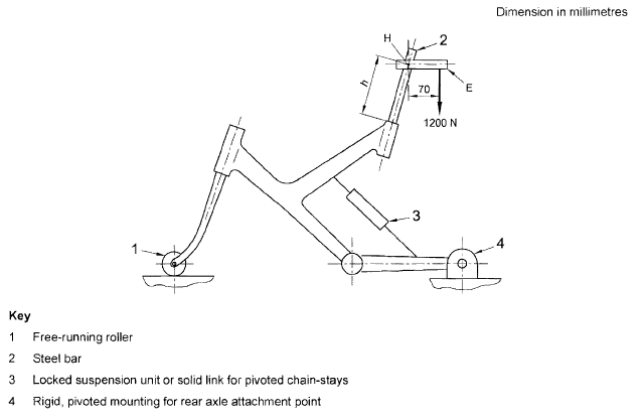
- 1 Free-running guided roller
- 2 Rigid, pivoted mounting for rear axle attachment point

Gambar 2. 7 *Fatigue test with horizontal loads*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *frame* retak atau patah dengan beban *fatigue* searah *horizontal* dengan siklus yang sudah ditetapkan (50.000 siklus). Apabila tidak terdapat retak atau patah pada pipa atau sambungan *frame* sesuai siklus yang ditetapkan maka *frame* lolos uji.

2.2.5 *Fatigue test with vertical loads*

Pada pengujian ini *frame* akan diberikan gaya secara *vertical* pada bagian *seat tube* lalu *fix* pada bagian *rear end* seperti Gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2. 8 *Fatigue test with vertical loads*

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah *frame* retak atau patah dengan beban *fatigue* searah *vertical* dengan siklus yang sudah ditetapkan (50.000 siklus). Bila tidak terdapat retak atau patah pada pipa atau sambungan *frame* sesuai siklus yang ditetapkan maka *frame* lolos uji.

2.3 Teori Kegagalan lelah (*fatigue*)

Dalam merancang suatu desain teknik, salah satu hal dasar yang perlu dipertimbangkan adalah menentukan batas tegangan atas dan batas tegangan bawah yang akan diterima material tersebut. Batas tegangan ini akan menghasilkan tegangan yang berfluktuasi. Siklus tegangan berfluktuasi mempunyai dua komponen dasar yaitu tegangan rata-rata S_m , dan tegangan amplitudo S_a , sedangkan S_r adalah rentang tegangan (*Range*) yang merupakan perbedaan selisih antara tegangan maksimum dan minimum pada siklus.

$$S_r = S_{maks} - S_{min}$$

Untuk besarnya tegangan bolak-balik S_a (amplitudo), adalah setengah dari daerah batas tegangan S_r :

$$S_a = \frac{S_r}{2} = \frac{S_{maks} - S_{min}}{2}$$

Kemudian tegangan rata-rata S_m (*mean stress*), adalah setengah dari penjumlahan tegangan maksimum dan minimum.

$$S_m = \frac{S_{maks} + S_{min}}{2}$$

Untuk rumus pada data-data kelelahan, menggunakan dua besaran perbandingan yaitu:

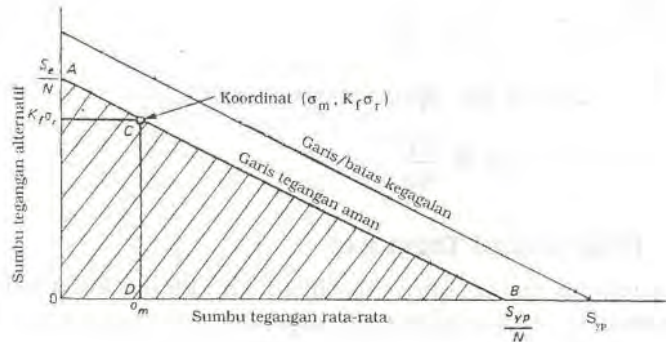
$$\text{Perbandingan tegangan: } R = \frac{S_{min}}{S_{maks}}$$

$$\text{Perbandingan amplitudo: } A = \frac{S_a}{S_m} = \frac{1-R}{1+R}$$

Ada beberapa teori kegagalan yang sudah diungkapkan oleh para ilmuwan, diantaranya adalah sebagai berikut:

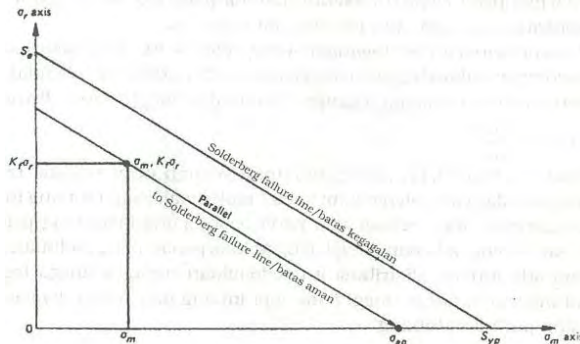
- Kriteria Soderberg

Ilmuan bernama Soderberg membuat diagram seperti gambar 2.9. ketika diagram ini dibuat, *endurance limit* (S_e) dan tegangan luluh (S_y) memegang peranan yang sangat penting. Dalam diagram soderberg, S_e dan S_y diplotkan dalam sumbu koordinat yang mana S_e arah sumbu ordinat dan S_y arah sumbu absis. Garis lurus ditarik dari titik S_e dan S_y sehingga menghasilkan garis yang disebut garis kegagalan. Lalu apabila faktor keamanan (N) dimasukkan, maka didapatkan dua titik yaitu S_e / N dan S_y / N kemudian ditarik kembali garis lurus yang sejajar dengan garis kegagalan, garis ini disebut garis tegangan yang aman. Garis tegangan yang aman adalah garis batas daerah aman terhadap tegangan fluktuasi tersebut.



Gambar 2. 9 Diagram Soderberg

Apabila faktor konsentrasi tegangan lelah (K_f) dimasukan, maka S_r dikalikan dengan K_f , sehingga titik C didapatkan dari titik perpotongan antara S_m dan $K_f S_r$ didalam batas aman. Seperti dalam Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Tegangan *Equivalen*

Pada Gambar 2.10 dalam diagram dapat dilihat segitiga AOB dan segitiga CDB serupa sehingga didapatkan hubungan seperti berikut ini:

$$\frac{(\frac{S_y}{N}) - S_m}{K_f \cdot S_r} = \frac{S_y}{S_e}$$

$$\left(\frac{S_y}{N}\right) = S_m + Kf S_r \frac{S_y}{S_e}$$

Karena $\frac{S_y}{N}$ juga disebut tegangan ekuivalen sehingga:

$$S_{eq} = S_m + Kf S_r \frac{S_y}{S_e}$$

Untuk persamaan batas tegangan diagram sodberg pada gambar 2.10 adalah:

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{yp}} = 1$$

Jadi kegagalan dapat terjadi apabila nilai S_a sama dan atau lebih besar daripada S_e begitu juga nilai S_m sama dan atau lebih besar daripada S_{yp} karena angka yang terjadi dapat melebihi angka 1 sehingga melewati batas kegagalan.

Kegagalan dapat pula terjadi apabila angka keamanan yang dipakai kurang dari angka 1. Angka keamanan mendeskripsikan batas kemampuan menerima tegangan per S_{yp} sehingga apabila tegangan yang di berikan kurang dari angka 1 maka material akan dikatakan tidak aman (gagal) karena dengan tegangan yang kecil saja dapat langsung rusak atau *crack*.

- Teori *modified Goodman*

Kegagalan *fatigue* dengan kurva pada gambar 2.11 dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang bermula dari pengintian retak (*inititation crack*) lalu berlanjut dengan merambatnya retak dalam ukuran mikroskopik dan makroskopik sehingga mengakibatkan patah akhir (*fracture*) dari struktur. Proses ini dapat di gambarkan dengan persamaan berikut ini:

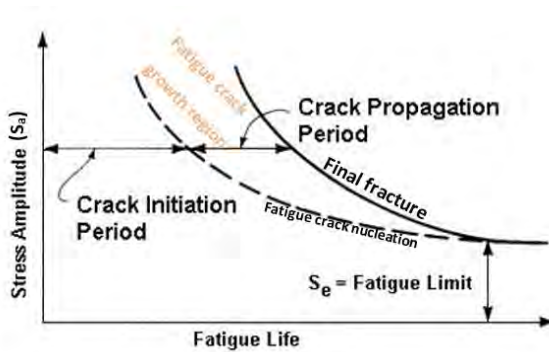
$$N_f = N_i + N_p$$

Dimana:

N_f = Total siklus yang dapat terjadi sampai benda uji mengalami kegagalan *fatigue*.

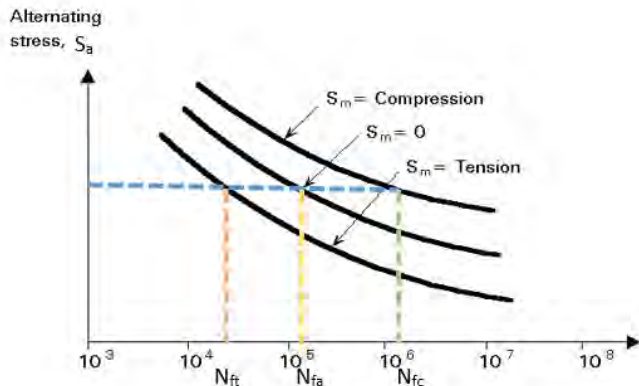
N_i = jumlah siklus yang terjadi sampai benda uji mengalami pengintian retak (*initiation crack*).

N_p = jumlah siklus pertumbuhan retak yang terjadi sampai benda uji mengalami patah akhir.



Gambar 2. 11 Diagram pertumbuhan *fatigue*

Perbedaan tegangan rata-rata (*mean stress*, S_m) yang terjadi pada suatu material benda uji akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatannya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.12, bahwa perbedaan mean stress dengan amplitudo yang sama akan menghasilkan perbedaan jumlah siklus yang dapat diterima.



Gambar 2. 12 Diagram *Alternating Stress vs Cycles to failure*

Hubungan antara mean stress dengan tegangan amplitudonya dapat diketahui dari persamaan *modified goodman*.

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_u} = 1$$

dimana:

S_e = *Fatigue Limit Stress*

S_u = *Tegangan Ultimate*

Dari persamaan *modified goodman* diatas, kegagalan dapat terjadi apabila nilai S_a sama dan atau lebih besar daripada S_e begitu juga nilai S_m sama dan atau lebih besar daripada S_u karena angka yang terjadi dapat melebihi angka 1 sehingga melewati batas kegagalan.

Untuk menghitung *fatigue life* yang terhingga, S_e disubstitusikan dengan S_{Nf} , maka persamaannya berubah menjadi:

$$\frac{S_a}{S_{Nf}} + \frac{S_m}{S_u} = 1$$

2.4 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Pada tahun 1950 *Finite Element Method* (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA) pertama kali diperkenalkan dan mengalami banyak perkembangan hingga saat ini. FEM adalah prosedur numeris yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas, dan aliran fluida.

Perkembangan metode elemen hingga yang saat ini dapat dilihat salah satu contohnya ada dalam industri sepeda motor. Dengan dibantu metode elemen hingga, proses analisis dan evaluasi yang mencakup keseluruhan aspek termasuk unjuk kerja desain dari sepeda motor baru tersebut dapat dilakukan bertahun-tahun sebelum produk sepeda motor tersebut dijual ke pasaran. Metode ini dapat menganalisa kekuatan dari seluruh komponen-komponen sepeda motor, sifat dan ketahanan *fatigue* dan juga tegangan yang dapat timbul dari frame sepeda motor.

Metode ini digunakan ketika masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat diselesaikan. Pada intinya, FEM membagi suatu benda yang akan dianalisa menjadi bagian-bagian kecil dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen, dan tiap elemen yang satu dengan lainnya dihubungkan dengan nodal (node) lalu dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.

FEM memakai prosedur numerik untuk menyelesaikan masalah yang diatur menggunakan persamaan differensial. Yang

membedakan karakteristik FEM dengan prosedur numerik lain yaitu:

1. FEM memakai pers integral sebagai penyelesaiannya untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
2. FEM juga memakai fungsi kontinyu untuk mendeteksi kuantitas yang tidak diketahui.

Ada lima langkah dasar dalam FEM, yaitu:

1. Mendeskripsikan daerah-daerah yang meliputi penempatan, penomoran, dan juga penentuan kooordinat dari titik-titik nodal.
2. Menentukan derajat ataupun orde persamaan dengan pendekatan linear atau kuadratik. Persamaan dinyatakan sebagai fungsi nodal.
3. Penyusunan sistem persamaan-persamaan.
4. Penyelesaian sistem persamaan-persamaan.
5. Penghitungan kuantitas yang dicari, kuantitas dapat berupa komponen tegangan dan lain-lain..

Akhirnya pada struktur penyelesaian didapat deformasi di setiap nodal yang kemudian digunakan untuk mendapatkan besar-besaran regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*).

Pada umumnya FEM memakai metode matriks dalam penyelesaiannya sehingga membutuhkan proses perhitungan yang banyak dan berulang-ulang dengan persamaan yang sama, karena itu digunakan media berupa komputer dengan bahasa pemrogramannya.

Saat ini banyak sekali perangkat lunak (*software*) yang berfungsi untuk menganalisa dengan metode elemen hingga (*finnite element*) salah satunya adalah SolidWorks. *Software* ini juga dapat membantu analis dan melakukan tugas dalam hal:

- Membuat model 3D atau mentransfer file CAD (*Computer Aided Design*) dari sebuah produk, komponen, struktur maupun sistem.
- Melakukan tes dari *prototype* yang berkerja dalam lingkungan yang kurang memungkinkan. Seperti: pengeboran, alat medis, dan lain-lain.
- Mengaplikasikan beban sesuai dengan kenyataan dan juga kondisi parameter desain lainnya.
- Mengoptimalkan desain awal dari model dalam usaha agar performa model dapat diperbaiki dan juga untuk pengurangan biaya produksi.
- Mempelajari respon fisik model sebagai akibat dari pembebanan yang terjadi, seperti tingkat tegangan (*stress level*), distribusi temperatur, dan atau pengaruh medan elektromagnetik.

2.5 Pustaka penelitian dahulu

Sebelumnya ada banyak peneliti yang melakukan penelitian dan menulis jurnal terhadap *frame* sepeda. Dari penelitian-penelitian sebelumnya, ada beberapa yang akan dibahas penulis di sub bab ini diantaranya: penelitian Andra Berlianto Tedja dan Bambang Daryanto W., kemudian penelitian yang dilakukan Sungging Pintowantoro dan kawan-kawan, dan juga penelitian dari luar negeri yaitu Leisha A. Peterson dan Kelly J. Londry.

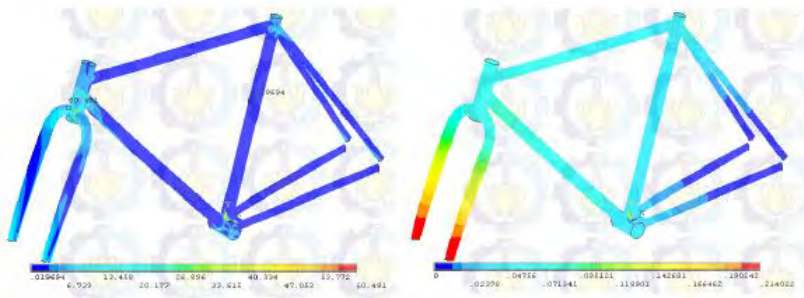
Pada penelitian Andra Berlianto Tedja dan Bambang Daryanto W. di tahun 2012, mereka melakukan penelitian *frame* sepeda fixie normal dengan *frame* sepeda fixie modifikasi. Beban yang diberikan di penelitian ini seperti dalam Gambar 2.13, memakai beban sesungguhnya dengan mengukur berat pengendara posisi duduk normal memakai meja, kursi dan timbangan pada bagian tangan (batang kemudi), tempat duduk (*saddle*), dan kaki (*pedal*).



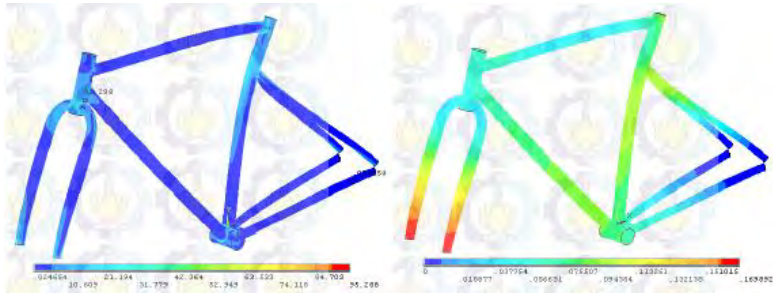
Gambar 2. 13 Penyusunan alat ukur dan ilustrasi pengukuran massa pengemudi

Sedangkan perbedaan model rangka modifikasi dengan rangka normal dalam penelitian tersebut adalah perbedaan ketinggian sambungan diantara *top tube* dan *seat tube*.

Dari hasil percobaan dengan menggunakan perhitungan perangkat lunak dalam Gambar 2.14 dan 2.15, didapatkan distribusi tegangan normal ekuivalen (Von Mises) dan *deformed shape* (*displacement*). Berikut ini adalah kontur distribusi tegangan ekuivalen dan *deformed shape* pada masing-masing rangka.



Gambar 2. 14 Kontur tegangan ekuivalen dan *deformed shape* rangka normal



Gambar 2. 15 Kontur tegangan ekuivalen dan *deformed shape* rangka modifikasi

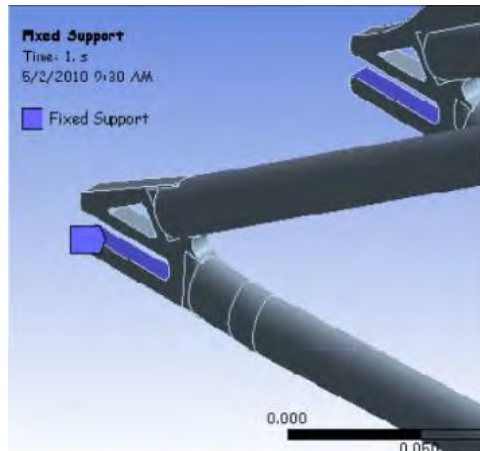
Kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini adalah dengan $\sigma_{yield} = 480 \text{ Mpa}$ dan dari tegangan ekuivalen yang diberikan, maka kedua model dapat menerima tegangan yang ada (aman). Tegangan yang tinggi terdapat di rangka modifikasi, pada titik pengamatan sambungan antara titik *head tube* dan *down tube* juga sambungan antara *seat stay* dan *seat tube*. Dari hasil penilitian sambungan antara *seat tube* dan *seat stay* sangat berpengaruh pada tegangan ekuivalen dan *displacement* dengan pembebanan yang sama.

Penelitian selanjutnya dari Sungging Pintowantoro dan kawan-kawan, penelitian dilakukan dengan *frame* sepeda gunung *dirt bike* jenis *hardtail* dan memakai *material properties* Low – Alloy Steel AISI 4130 seperti gambar 2.16. Beban pada penelitian ini memakai beban *fatigue* mengikuti standard EN 14766 secara vertikal dan horisontal.



Gambar 2. 16 Pengujian *fatigue horizontal force* dan *vertical force*

Pengujian dilakukan dengan memberikan *fixed support* (Gambar 2.17) pada *rear end*, sedangkan letak beban *horizontal force* dan *vertical force* berbeda-beda. Dalam *horizontal force* (Gambar 2.18) beban diberikan pada elemen kontak berupa *fork* bagian depan dengan gaya sebesar 1200 N dan *vertical force* gaya diberikan pada elemen kontak berupa *seat post* dengan gaya yang sama yaitu 1200 N. Arah-arrah gaya dalam penelitian ini juga berbeda antara *horizontal* dan *vertical force*. *Horizontal force* memakai arah gaya dengan $y = z = 0$ dan sumbu $x = \text{free}$, sedangkan *vertical force* arah gaya $x = y = z = \text{free}$.

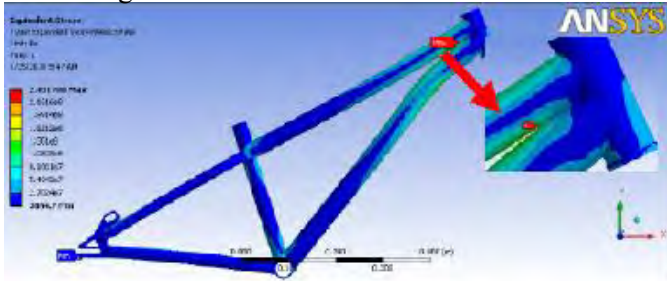


Gambar 2. 17 *Fixed support* bagian *rear end* pada *frame*



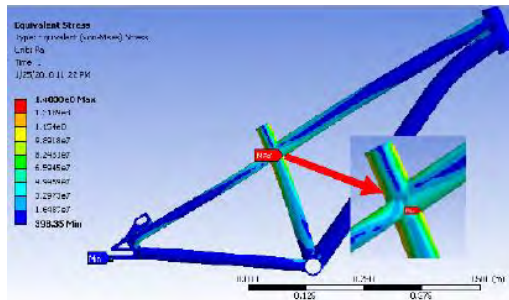
Gambar 2. 18 Arah gaya pada elemen kontak *fork* dan *seat post*

Untuk nilai *von misses* paling besar pada *horizontal force* (gambar 2.19), sebesar $2,4317 \times 10^8$ Pa terletak didaerah *top tube* dekat sambungan *head tube*.



Gambar 2. 19 *Von misses fatigue test* dengan *horizontal force*

Sedangkan pada simulasi *vertical force* (Gambar 2.20) sebesar $1,438 \times 10^8$ Pa terletak di sambungan antara *seat tube* dan *top tube*.



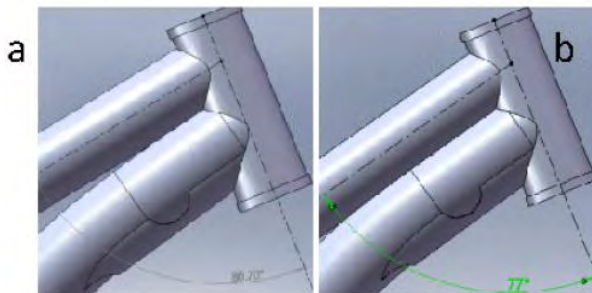
Gambar 2. 20 *Von misses fatigue test* dengan *vertical force*

Setelah itu divalidasi hasil simulasi dengan data pengujian sebenarnya, pada simulasi di dapat siklus yang terjadi sebesar 16000 sedangkan pada uji sebenarnya sebesar 17405. Retakan yang terjadi pada uji sebenarnya dalam Gambar 2.21 untuk *horizontal force* tepat di bagian bawah *top tube* dekat dengan *head tube* yang berarti simulasi mendekati sebenarnya.



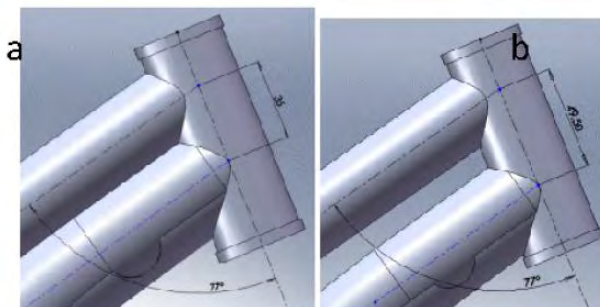
Gambar 2. 21 Pengujian sebenarnya siklus 17405 sampai *crack*

Kemudian *frame* dilakukan optimasi oleh Sungging Pintowantoro agar mengurangi nilai *fatigue* yang ada dengan memperkecil sudut antara *top tube* dengan *head tube* pada awalnya 80,70° menjadi 77° (Gambar 2.22).



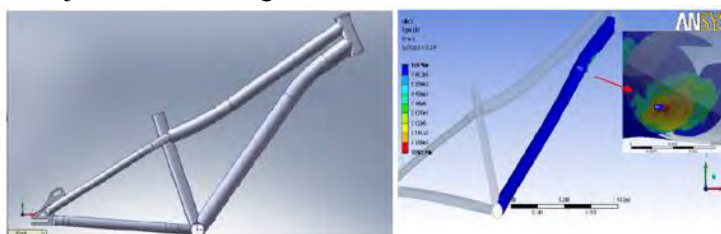
Gambar 2. 22 Optimasi pengecilan sudut
(a. sebelum optimasi, b. sesudah optimasi)

Satu perubahan lagi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.23, dilakukan dengan cara memperlebar jarak antara titik sambung *top tube - head tube* dengan titik sambung *down tube - head tube* yang awalnya 35 mm menjadi 49,50 mm.



Gambar 2. 23 Optimasi pelebaran jarak
(a.sebelum optimasi, b. sesudah optimasi)

Setelah geometri *frame* dilakukan optimasi dan dimodelkan langkah selanjutnya dilakukan simulasi pada *frame* tersebut (Gambar 2.24). Hasil simulasi di temukan bahwa kedua pengujian *fatigue test with horizontal force* dan *fatigue test with vertical force* mempunyai 90921 siklus sampai *crack*. Letak *crack* yang akan terjadi adalah di bagian *down tube*.



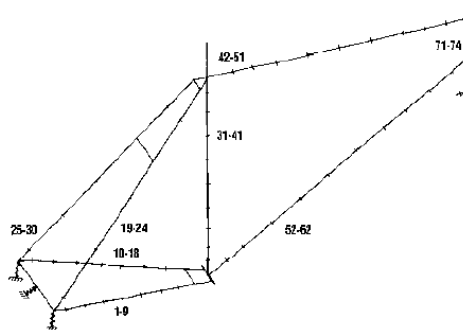
Gambar 2. 24 Model setelah optimasi dan hasil simulasinya

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang dilakukan Sungging Pintowantoro ialah *frame* yang telah dioptimasi aman

sehingga dapat lulus uji *frame – fatigue test with a horizontal force* dan *fatigue test with a vertical force* sedangkan pada *frame* awal tanpa optimasi mengalami kegagalan dalam pengujian yang sama dengan 17405 siklus sampai retak.

Penelitian tentang *frame* dari luar negeri seperti yang dilakukan Leisha A. Peterson dan Kelly J. Londry, meneliti kekuatan material tiga *frame* sepeda road bike yaitu pabrikan Amerika dengan Trek 770 (*steel*) dan Trek 2000 (aluminium) juga pabrikan asal Prancis yaitu Bador dengan *frame* Vitus 979 (aluminium).

Langkah pertama penelitian ini adalah memodelkan *frame* dengan *software* berbasis *finite element analysis* yaitu *Pre-processor*. Dalam program tersebut *frame* dibagi menjadi banyak bagian bagian kecil yang disebut *finite element*, sedangkan *finite element frame* ini dibagi menjadi 100 *beam elements* (Gambar 2.25).

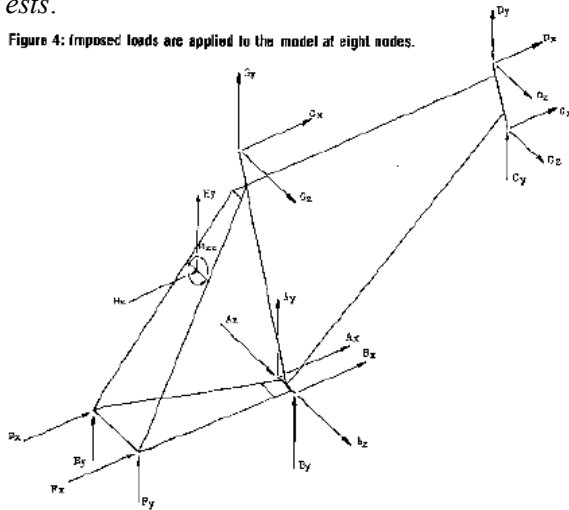


Gambar 2. 25 *Frame* dibagi menjadi 100 *beam elements*

Pembebanan yang diberikan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menaruh gaya pada titik yang telah ditentukan. Penempatan delapan titik dalam Gambar 2.26 yang telah ditentukan tersebut melalui beberapa acuan yang ada yaitu: *Static*

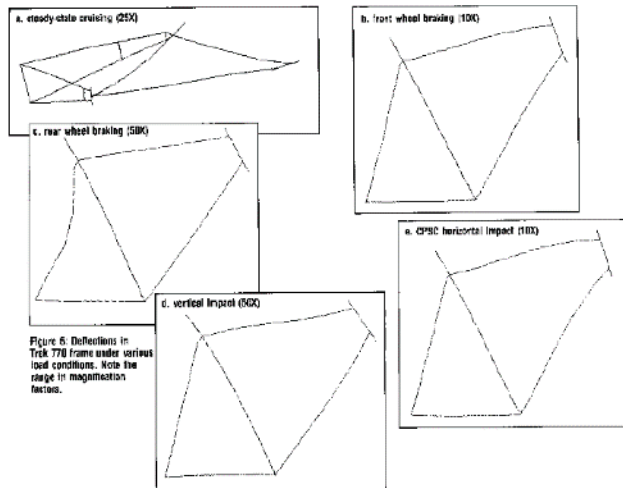
Start-Up, Horizontal Impact, Vertical Impact, Front Wheel Braking, Rear Wheel Braking, Steady State Pedaling, Klein Patent Tests.

Figure 4: Imposed loads are applied to the model at eight nodes.

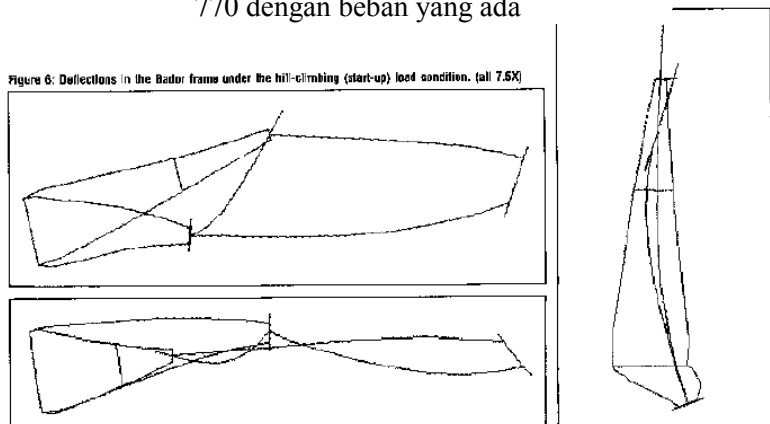


Gambar 2. 26 Delapan titik penempatan gaya pada *frame*

Setelah dilakukan simulasi pada beberapa titik maka didapat defleksi pada *frame* tersebut. Berikut ini adalah beberapa hasil simulasi yang menunjukkan hasil defleksi (Gambar 2.27 dan Gambar 2.28).



Gambar 2. 27 Defleksi yang terjadi pada *frame* Trek 770 dengan beban yang ada

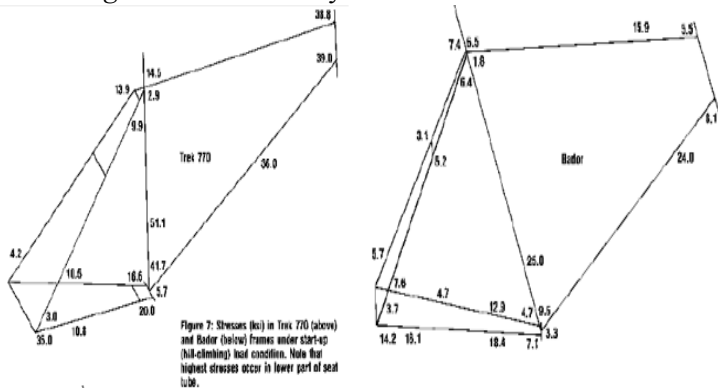


Gambar 2. 28 Defleksi yang terjadi pada *Bador frame* dengan beban *Static Start-up*

Selain hasil berupa defleksi yang terjadi, *software* ini juga memunculkan nilai Von-Mises pada titik yang ditentukan seperti Gambar 2.29. Dalam simulasi juga didapatkan informasi bahwa

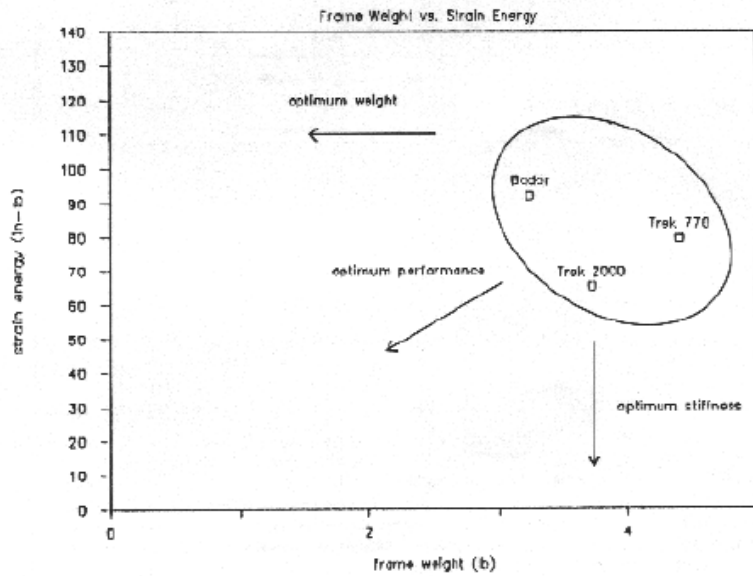
frame dengan material *steel* akan mulai berkurang kekuatan desain dan muncul *fatigue* saat satu juta siklus.

Pada *aluminium alloy fatigue strength* yang terjadi sebesar 24 ksi pada saat lima ratus juta siklus (besarnya siklus standar yang biasa dipakai pada pengujian) lebih besar dibanding *ultimate tensile strength* aluminium alloy.



Gambar 2. 29 Nilai Von-Misses yang terjadi pada *frame* Trek 770 dan Bador

Kesimpulan yang didapat sesuai dengan Gambar 2.30 adalah *frame* Trek 2000 kekakuannya yang paling tinggi, karena *frame* tersebut menyerap *strain energy* paling rendah. Untuk beratnya, *frame* Trek 2000 (aluminium) lebih ringan dibandingkan Trek 770 (steel) akan tetapi hampir sama ringannya dengan Vitus 979 (aluminium). *Frame* pabrikan Bador adalah yang paling yang paling *flexible* karena menyimpan *strain energy* yang paling tinggi.



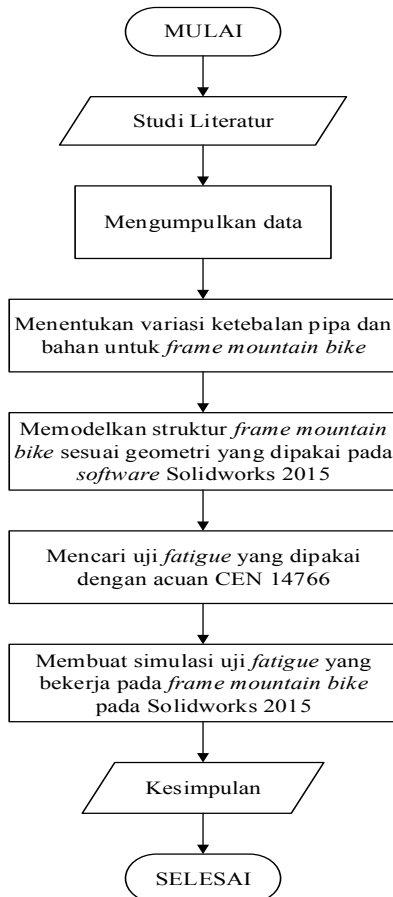
Gambar 2. 30 Grafik *frame weight versus strain energy* pada ketiga *frame* dengan pembebanan *Static Start-up*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Perancangan

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini, disusun beberapa tahapan untuk melakukan analisa agar dapat tercapai tujuan yang diharapkan. Tahapan-tahapan tersebut dijadikan diagram alir seperti pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1: Diagram alir tugas akhir

Metodologi pada penyusunan tugas akhir ini seperti pada Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai *frame mountain bike*, merumuskan permasalahan, mengumpulkan data-data tentang *frame mountain bike*, memodelkan struktur *frame mountain bike* dengan *Solidworks* 2015, menganalisa parameter uji *fatigue* yang mengenai *frame mountain bike*, yaitu gaya yang diberikan secara vertikal dan horizontal pada *part* tertentu dengan mengacu pada standar CEN 14766. Kemudian dilakukan simulasi dengan *software* berbasis metode elemen hingga. Kemudian tahap terakhir adalah membuat kesimpulan.

3.2 Studi Literatur

Langkah pertama pada penelitian ini adalah studi literatur, hal ini dilakukan untuk memperkaya wawasan dan landasan dalam materi yang diambil sebagai tugas akhir ini. Pada tahap ini pengumpulan data dilakukan untuk menunjang pengerjaan tugas akhir, dapat berupa media cetak seperti *textbook* atau *handbook* maupun *soft file* yang berupa *e-book* ataupun media elektronik (internet).

Tema yang dicari adalah seputar *frame* sepeda terutama *frame mountain bike* (MTB) dan standar pengujian *fatigue* pada CEN. Untuk mendukung penelitian tugas akhir ini, data-data valid diperlukan sebagai landasan perancangan. Karena tidak semua data yang diperlukan ada pada buku-buku ilmiah, maka perlu referensi lain seperti jurnal ilmiah maupun hasil dari penelitian terdahulu yang masih berkaitan dengan tugas akhir yang angkat.

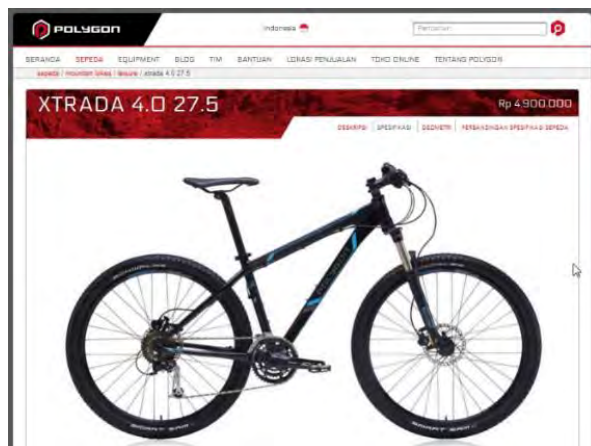
3.3 Identifikasi Masalah

Melihat dari banyaknya kemacetan yang terjadi di kota-kota besar dan masyarakat yang mulai memiliki minat dengan alat transportasi alternatif, sepeda jenis *mountain bike* (MTB) adalah salah satu alat transportasi alternatif yang sering dipakai. Untuk kasus seperti ini, diperlukan sepeda dengan *frame* yang kokoh dan kuat. Sehingga perancangan yang tepat pada *frame* sepeda sangat

diperlukan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan saat penggunaan sepeda pada jalanan ibu kota.

3.4 Data *Frame mountain bike*

Data *mountain bike* diambil dari *website* resmi polygon indonesia, yaitu *frame* jenis *mountain bike* polygon XTRADA 4.0 seperti pada Gambar 3.2 yang dapat digunakan pada kontur jalanan ibukota yang berbeda beda. Data ini akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan hipotesa terhadap bentuk pemodelan *frame*.

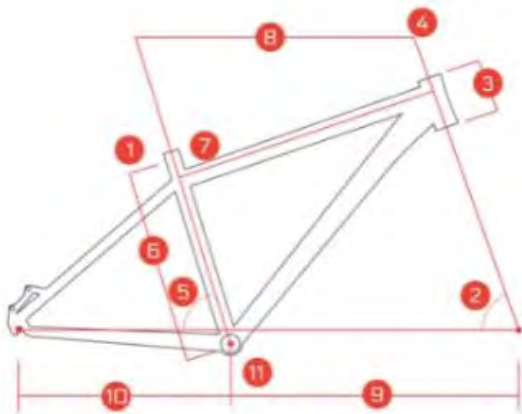


Gambar 3. 2 Polygon XTRADA 4.0

Berdasarkan Gambar 3.2 diatas yang diambil pada *website* resmi polygon indonesia *frame* pada *mountain bike* XTRADA 4.0 juga tersusun atas 6 bagian tube yaitu *head tube*, *top tube*, *down tube*, *seat tube*, *seat stay*, dan *chain stay*. Sedangkan data yang ada adalah sudut kemiringan, diameter dan panjang *head tube*, sudut kemiringan dan panjang *Seat tube*, panjang dan *effective top tube*, panjang dari *front* ke *center*, panjang dari *rear* ke *center*, tinggi *Bottom Bracket*, panjang *axle* roda belakang, dan tinggi *seatpost* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.

3.4.1 Geometri dan Data Material

Material yang dipilih pada simulasi *frame* ini adalah Steel AISI 4130 dan Aluminium AA 6061 T6. Pada Tabel 3.1 dibawah ini berisi data *material properties* Steel AISI 4130 dan Aluminium AA 6061 T6 yang dapat dilihat dari *software Solidworks*, kemudian data material properties kedua material tersebut dipakai dalam simulasi. Sedangkan pada Tabel 3.2 menjelaskan spesifikasi geometri umum dari *frame* sepeda berdasarkan *website* resmi polygon.



Gambar 3. 3 Data Geometri Polygon XTRADA 4.0

Tabel 3.1: Spesifikasi *Frame*
Spesifikasi Khusus (ukuran 18)

(2)Head tube angle	69,5°
(3)Head tube length	105 mm
(4)Head tube diameter	50 mm
(5)Seat tube angle	73°
(6)Seat tube length	457 mm

<i>(7)Top tube actual</i>	561,9 mm
<i>(8)Top tube effective</i>	585 mm
<i>(9)Front center</i>	652,47 mm
<i>(10)Rear center</i>	430 mm
<i>(11)Bottom bracket drop</i>	47,5 mm
<i>(12)Rear wheel axle</i>	135 mm
<i>(13)Seatpost Size</i>	30,9 mm

Tabel 3.2: Spesifikasi *Frame*

<i>Material Properties</i>	<i>Steel</i> AISI 4130	<i>Aluminium</i> AA 6061 T6
<i>Elastic Modulus</i>	$2,05 \times 10^{11}$ Pa	$6,900000067 \times 10^{10}$ Pa
<i>Density</i>	7850 kg/m ³	2700 kg/m ³
<i>Yield Strength</i>	430 MPa	275000000,9 Pa
<i>Poisson's ratio</i>	0,285	0,33
<i>Shear modulus</i>	8×10^{10} Pa	$2,600000013 \times 10^{10}$ Pa
<i>Tensile strength</i>	731×10^6 Pa	310000002,1 Pa
<i>Fatigue limit</i>	480 MPa	100 MPa

Untuk ketebalan pada *frame mountain bike* di setiap pipa dibuat sama dengan tiga variasi ketebalan yaitu 1,4 mm, 1,6 mm, dan 1,8mm sedangkan bahan pembentuk frame memakai dua variasi bahan yang berbeda yaitu: Steel AISI 4130 dan Aluminium AA 6061 T6.

3.5 **Beban uji fatigue CEN**

Beban uji mengacu pada standar CEN, ada dua tipe pengujian yang akan dipakai pada standar CEN yaitu: *Frame-fatigue test with vertical force* dan *Frame-fatigue test with horizontal force*.

3.6 **Pemodelan dengan Solidworks 2015**

Pada Gambar 3.4 merupakan pemodelan dari *frame mountain bike* dengan menggunakan *software* Solidworks 2015.



Gambar 3. 4 Pemodelan *frame* dengan *solidworks 2015*

3.7 **Boundary Conditions dan force dengan CEN**

Boundary condition dan juga beban yang terjadi saat simulasi dilakukan menggunakan *software* tergantung dari pengujian CEN yang akan dipakai, dimana ada dua pengujian fatigue yang akan diambil.

3.7.1 *Boundary Conditions dan force 1 (frame fatigue test with vertical force)*

Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban secara dinamis pada bagian *seat tube* sebesar minimum 0 N dan maksimum 1200 N sesuai pada Gambar 3.5 lalu di bagian *rear end* sebagai *fix condition*.



Gambar 3. 5 *Boundary conditions dan loads pada vertical force fatigue test*

3.7.2 *Boundary Conditions dan force 2 (frame fatigue test with horizontal force)*

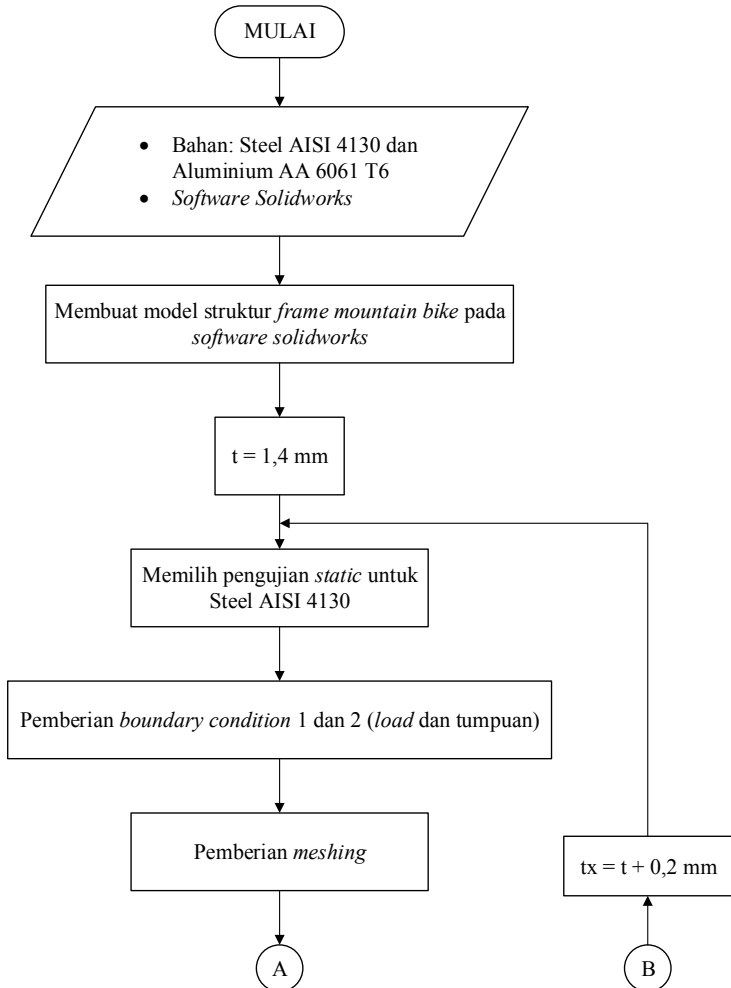
Dalam pengujian ini *frame* diberikan beban secara dinamis pada bagian *head tube* dengan besar gaya minimum -600 N dan maksimum +1200 N sesuai pada Gambar 3.6 lalu di bagian *rear end* sebagai *fix condition*.

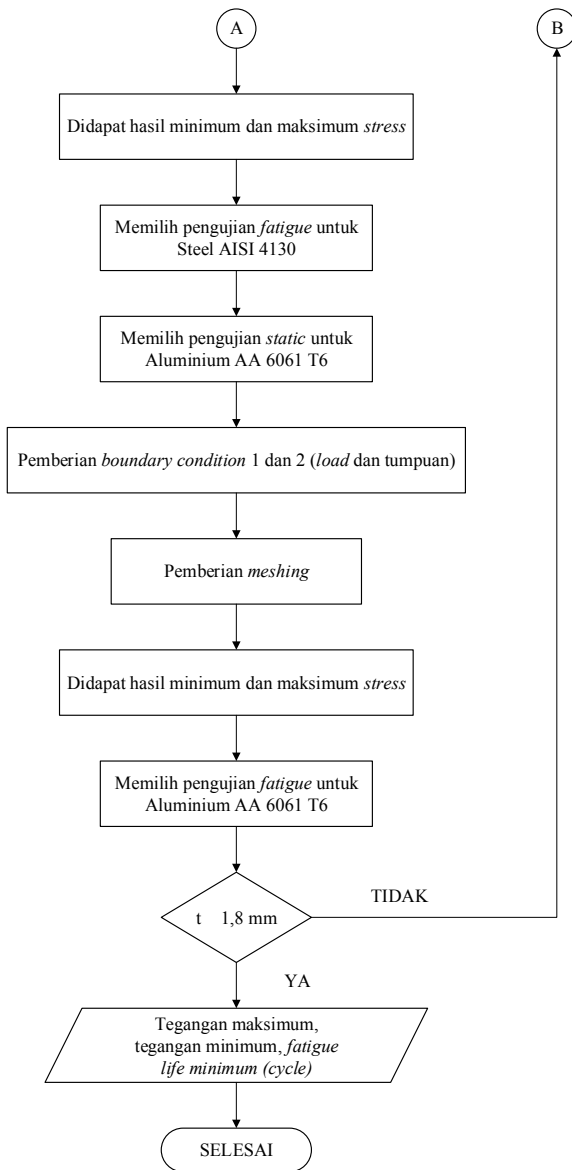


Gambar 3. 6 *Boundary conditions dan loads*
pada *horizontal force fatigue test*

3.8 Metodologi Simulasi

Berikut adalah tahapan simulasi pengujian *frame mountain bike*:





Gambar 3. 7 Flowchart Simulasi

3.9 Evaluasi hasil dan kesimpulan

Ketika tahap simulasi pada setiap model variasi telah selesai dilakukan maka selanjutnya mengevaluasi hasil simulasi pada daerah atau tegangan kritis yang ada. Setelah itu, data data yang sudah ada dimasukkan kedalam tabel desain eksperimen untuk *fatigue frame with horizontal force* dan *fatigue frame with vertical force* seperti pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 : Desain eksperimen

Jenis material	Ketebalan Material (mm)	<i>Minimum Stress</i> (Mpa)	<i>Maximum Stress</i> (Mpa)	<i>Fatigue Life</i> minimum	Ket.
AISI 4130	1,4				
	1,6				
	1,8				
Alumunium AA 6061 T6	1,4				
	1,6				
	1,8				

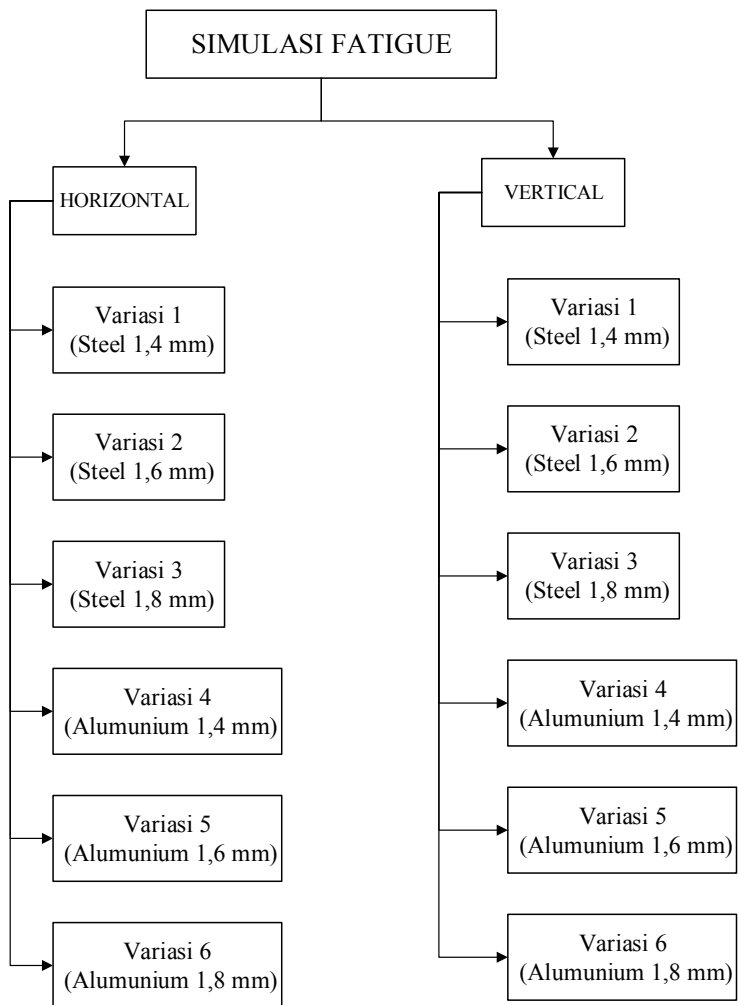
Kemudian menganalisa siklus pada setiap model variasi. Pada akhirnya yaitu memberikan kesimpulan dan membandingkan hasil simulasi dari tiap-tiap variasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

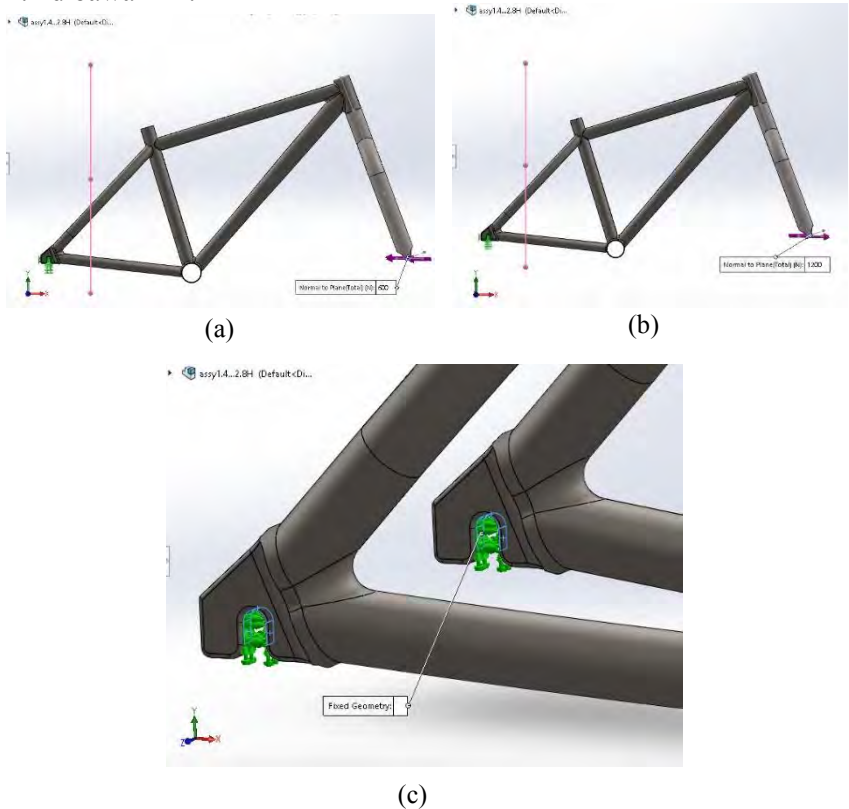
Pada bab ini akan menjelaskan mengenai simulasi *fatigue frame mountain bike* dengan *horizontal force* dan *vertical force* menggunakan standar CEN 14766. Data yang digunakan adalah hasil simulasi berupa von misses dari pengujian *static horizontal force* dengan gaya -600 N dan +1200 N dan von misses dari pengujian *static vertical force* dengan gaya 0 N dan +1200 N. Kemudian kedua data dari masing-masing pengujian digunakan untuk simulasi *fatigue*. Hasil yang didapatkan adalah berupa distribusi dari titik maksimum dan minimum dari nilai von misses, *life (cycles)*, *safety factor* dan *damage frame mountain bike*. Berikut adalah langkah-langkah pengujian simulasi *fatigue frame mountain bike* dengan *horizontal force* dan *vertical force* menggunakan *software SOLIDWORKS*. Pada Gambar 4.1 berikut ini adalah skema percobaan yang akan dilakukan.



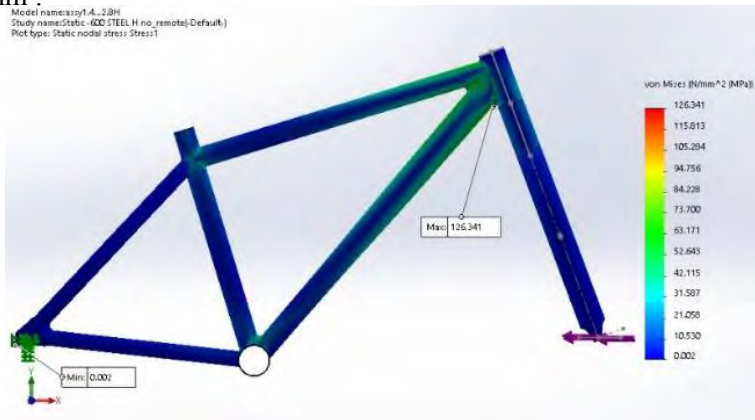
Gambar 4. 1 Skema percobaan

4.1 Hasil Simulasi *static horizontal force*

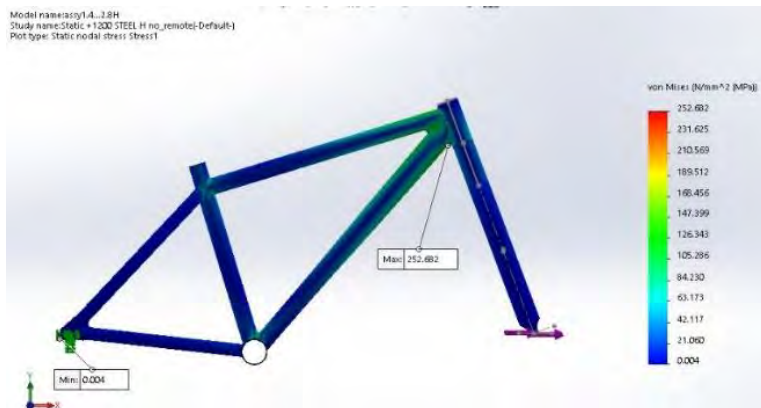
Pada pengujian ini menggunakan part tambahan yaitu *fork dummy* dengan bahan yang dipakai adalah Titanium 6Al-2Sn-2Zr-2Cr-0,25Si. Dalam pengujian ini dilakukan dua kali simulasi, yaitu simulasi pertama dengan menempatkan gaya horizontal sebesar -600 N dan simulasi kedua dengan menempatkan gaya horizontal sebesar +1200 N. Penempatan gaya-gaya tersebut diletakkan pada bagian *drop out* dari *fork dummy* sedangkan pada bagian *rear end frame* dibuat tidak berubah posisi atau *fixed* seperti pada Gambar 4.2 dibawah ini:



Letak tegangan von mises maksimum pada setiap pengujian *static horizontal* dengan gaya -600 N dan $+1200\text{ N}$ serta variasi ketebalan dan bahan yang berbeda, berada pada area yang sama yaitu pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube*. Pada Gambar 4.3 menunjukkan contoh bagian area yang memiliki tegangan von mises maksimum pada ketebalan $1,4\text{ mm}$:



(a)



(b)

Hasil simulasi *static horizontal force* dengan variasi ketebalan 1,4 mm, 1,6 mm dan 1,8 mm dan variasi material AISI 4130 Steel dan Aluminium AA 6061 T6 kemudian ditunjukkan dalam Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4. 1 Maksimum *static von misses horizontal force*

Bahan	Ketebalan (mm)	Maksimum - 600 N (MPa)	Maksimum +1200 N (MPa)
AISI 4130 STEEL	1,4	126,341	252,682
	1,6	113,410	226,819
	1,8	109,498	218,983
AA 6061 T6 ALUMINIUM	1,4	117,906	235,812
	1,6	108,651	217,303
	1,8	100,621	201,246

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dari bahan AISI 4130 Steel mempunyai nilai maksimum *static von misses* (-600 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 126,341 MPa dan nilai maksimum *static von misses* (+1200 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 252,682 MPa, sedangkan pada bahan AA 6061 T6 Aluminium mempunyai nilai maksimum *static von misses* (-600 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 117,906 MPa dan nilai maksimum *static von misses* (+1200 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 235,812 MPa.

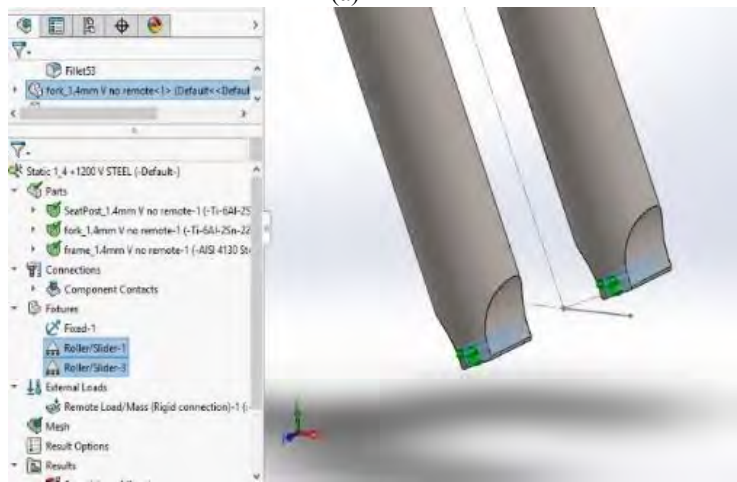
4.2 Hasil simulasi *static vertical force*

Pada pengujian ini menggunakan part tambahan yaitu *fork dummy* dan *seat post dummy* dengan bahan yang dipakai kedua *parts* tersebut adalah Titanium 6Al-2Sn-2Zr-2Cr-0,25Si. Dalam pengujian ini dilakukan satu kali simulasi yaitu dengan menempatkan gaya vertikal sebesar +1200 N. Penempatan gaya tersebut diletakkan pada bagian *saddle* dari *seat post dummy* sedangkan pada bagian *rear end frame* dibuat tidak berubah posisi

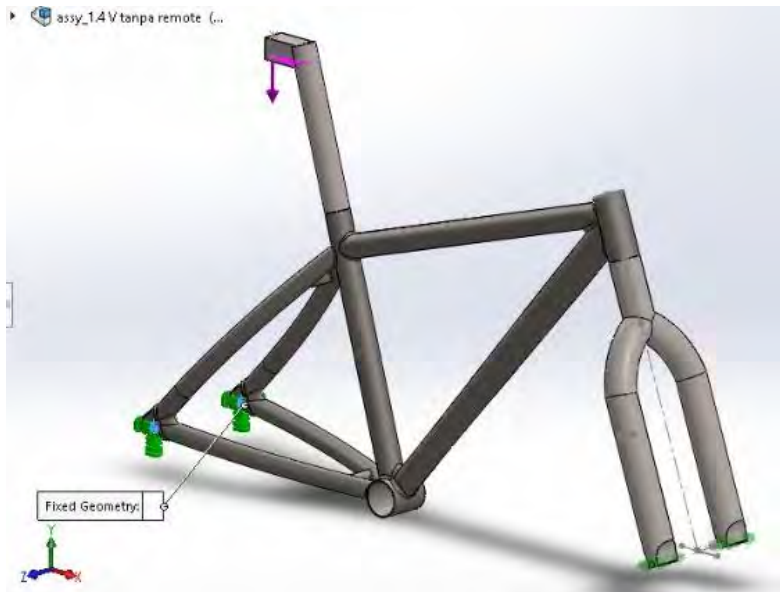
atau *fixed* dan pada bagian *drop out* dari *fork dummy* dibuat tumpuan *roller* seperti pada Gambar 4.4 dibawah ini:



(a)

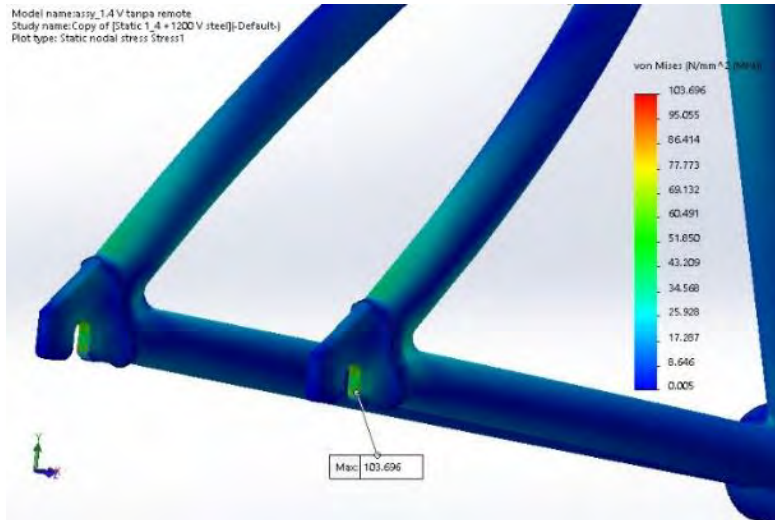


(b)



(c)

Letak maksimum von mises pada setiap pengujian *static vertical* dengan variasi ketebalan dan variasi bahan yang berbeda, berada pada area yang sama yaitu pada bagian permukaan *rear end*. Pada Gambar 4.5 menunjukkan contoh bagian area yang memiliki von mises maksimum pada ketebalan 1,4 mm :



Hasil simulasi *static vertical force* dengan variasi ketebalan 1,4 mm, 1,6 mm dan 1,8 mm dan variasi material AISI 4130 Steel dan Aluminium AA 6061 T6 kemudian ditunjukkan dalam Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4. 2 Maksimum *static von misses vertical force*

Bahan	Ketebalan (mm)	Maksimum +1200 N (MPa)
AISI 4130 STEEL	1,4	103,696
	1,6	102,732
	1,8	101,152
AA 6061 T6 ALUMINIUM	1,4	89,732
	1,6	86,125
	1,8	85,891

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dari bahan AISI 4130 Steel mempunyai nilai maksimum *static* von misses (+1200 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 103,696 MPa, sedangkan pada bahan AA 6061 T6 Aluminium mempunyai nilai maksimum *static* von misses (+1200 N) pada ketebalan 1,4 mm sebesar 89,732 MPa.

4.3 Contoh Perhitungan *Fatigue*

Berikut adalah contoh perhitungan pada frame bahan Steel ketebalan 1,4 mm dengan pembebanan horizontal:

Diketahui:

$$S_{tarik} = 252,68 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{tekan} = 126,34 \text{ N/mm}^2$$

$$S_u = 460 \text{ N/mm}^2$$

$$k_a = 0,8$$

$$k_b = 0,5$$

$$k_c = 0,6$$

Ditanya:

Umur secara model N_f ?

Dijawab:

- Tegangan Amplitudo (S_a) :

$$S_a = \left| \frac{S_{tarik} - S_{tekan}}{2} \right|$$

$$S_a = \left| \frac{252,68 - 126,34}{2} \right|$$

$$S_a = 63,171 \text{ N/mm}^2$$

- Tegangan rata-rata (S_m) :

$$S_m = \frac{S_{maks} + S_{min}}{2}$$

$$S_m = \frac{S_{tarik} + S_{tekan}}{2}$$

$$S_m = \frac{252,68 + 126,34}{2}$$

$$S_m = 189,51 \text{ N/mm}^2$$

- Tegangan umur *fatigue* (S_{Nf}) :

$$S_{Nf} = \frac{S_a}{\left(1 - \frac{S_m}{S_u}\right)}$$

$$S_{Nf} = \frac{63,171}{\left(1 - \frac{189,51}{460}\right)}$$

$$S_{Nf} = 107,429 \text{ N/mm}^2$$

- Tegangan batas *fatigue* (S_f) :

$$S_f = k_a \times k_b \times k_c \times \frac{S_u}{2}$$

$$S_f = 0,8 \times 0,5 \times 0,6 \times \frac{460}{2}$$

$$S_f = 55,2 \text{ N/mm}^2$$

- Kemiringan kurva (B) :

$$B = \left(\frac{1}{6}\right) \times \log \frac{S_f}{S_u}$$

$$B = \left(\frac{1}{6}\right) \times \log \frac{55,2}{460}$$

$$B = -0,15347$$

- Umur *fatigue* (N_f) :

$$N_f = \sqrt[B]{\frac{S_{Nf}}{S_u}}$$

$$N_f = \sqrt[-0,15347]{\frac{107,429}{460}}$$

$$N_f = 13052,5 \text{ cycles}$$

4.4 Hasil Simulasi *fatigue*

4.4.1 Hasil Simulasi *fatigue with horizontal force*

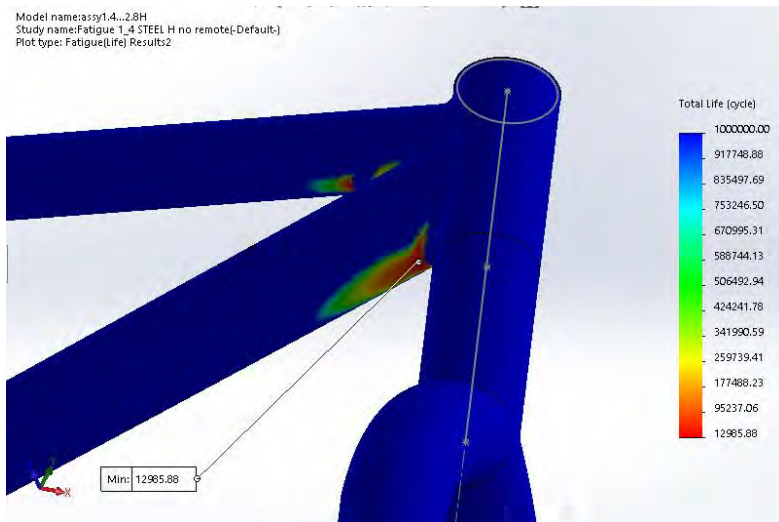
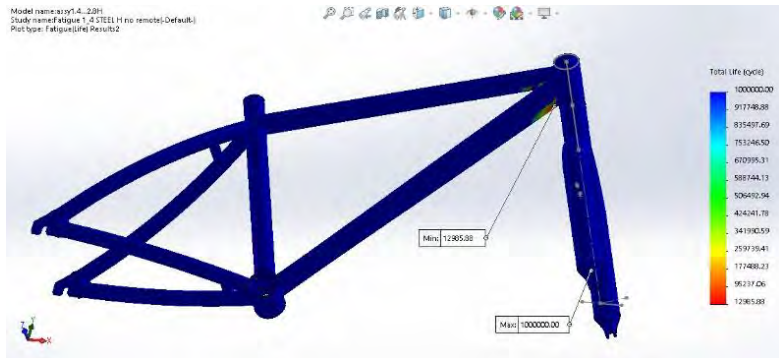
4.4.1.1 *Frame variasi 1 (Bahan Steel Ketebalan 1,4 mm)*

Pada variasi pertama, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,4 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 1 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4. 3 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 1

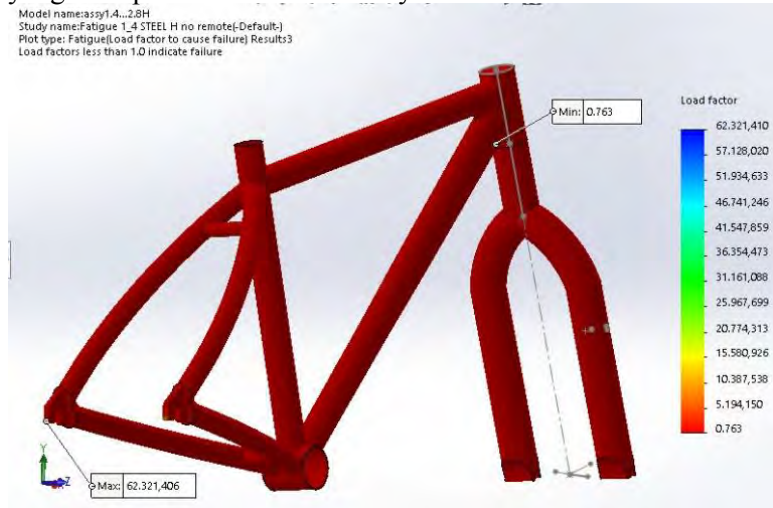
Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	12985,88
<i>Safety Factor minimum</i>	0,763
<i>Damage maximum</i>	385,034

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 1 dari simulasi didapatkan hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*, akan tetapi juga terdapat area yang berwarna merah, yaitu pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 12985,88 *cycle* seperti pada Gambar 4.7. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 12985,88 *cycle*.



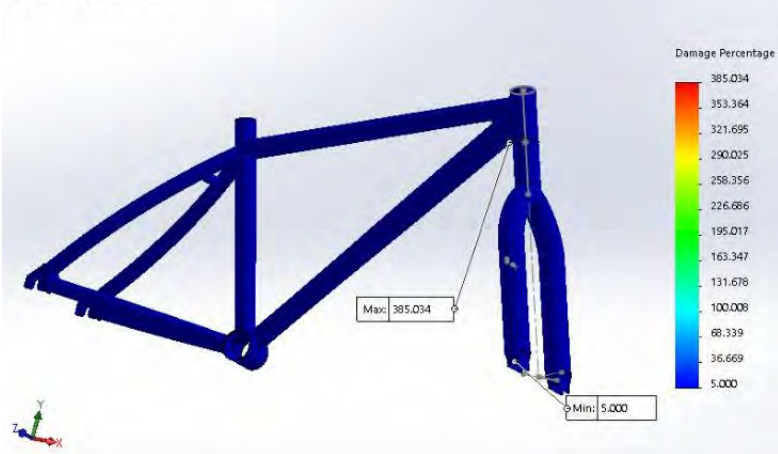
Safety factor yang terdapat pada variasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.8. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,763 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian

belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 62321,406 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.9. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 385,084.

Model name:assy1.4...2.8H
 Study name:Fatigue_1_4 STEEL H no remote-(Default-)
 Plot type:Fatigue(Damage) Results1



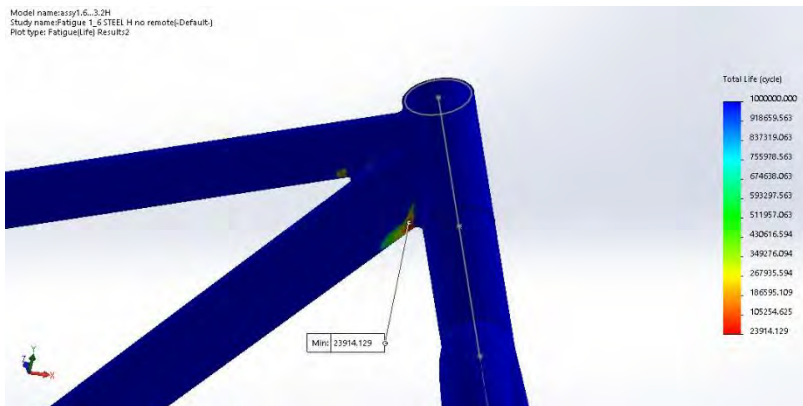
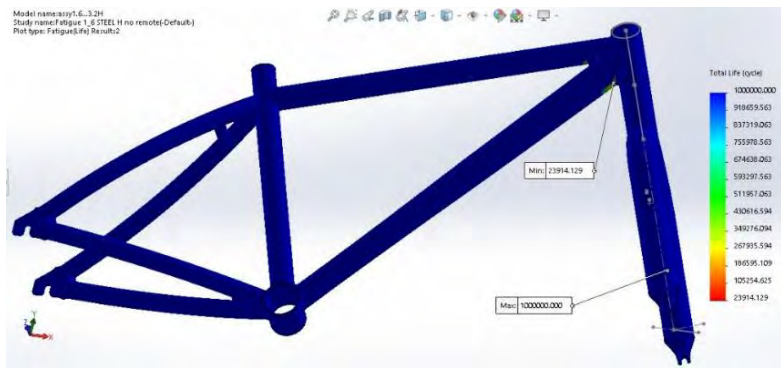
4.4.1.2 Frame variasi 2 (Bahan Steel Ketebalan 1,6 mm)

Pada variasi kedua, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,6 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 2 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4. 4 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 2

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	23914,129
<i>Safety Factor minimum</i>	0,864
<i>Damage maximum</i>	209,081

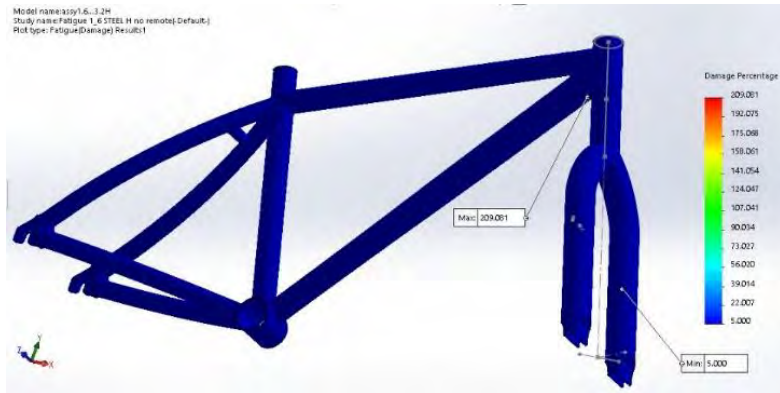
Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 2 dari simulasi didapatkan hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*, akan tetapi juga terdapat area yang berwarna merah, yaitu pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 23914,129 *cycle* seperti pada Gambar 4.11. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 23914,129 *cycle*.



Safety factor yang terdapat pada variasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.12. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,864 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 54063,902 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.13. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 209,081.



4.4.1.3 *Frame variasi 3 (Bahan Steel Ketebalan 1,8 mm)*

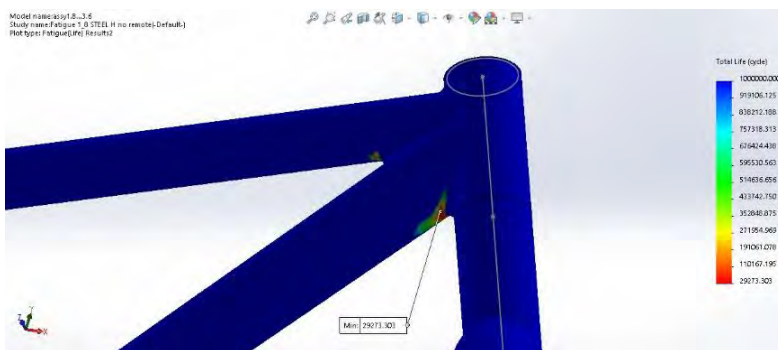
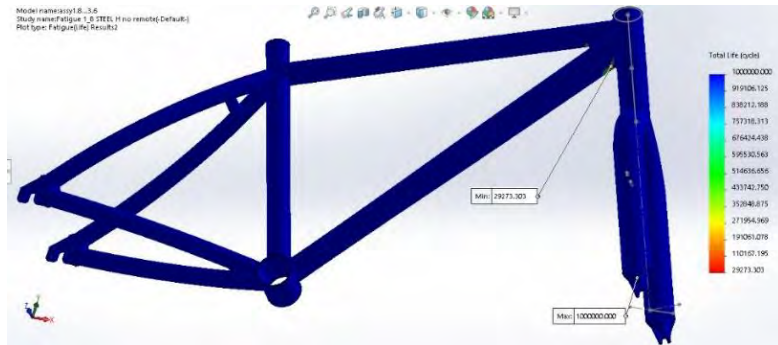
Pada variasi ketiga, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,8 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 3 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.5 berikut ini :

Tabel 4. 5 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 3

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	29273,303
<i>Safety Factor minimum</i>	0,900
<i>Damage maximum</i>	170,804

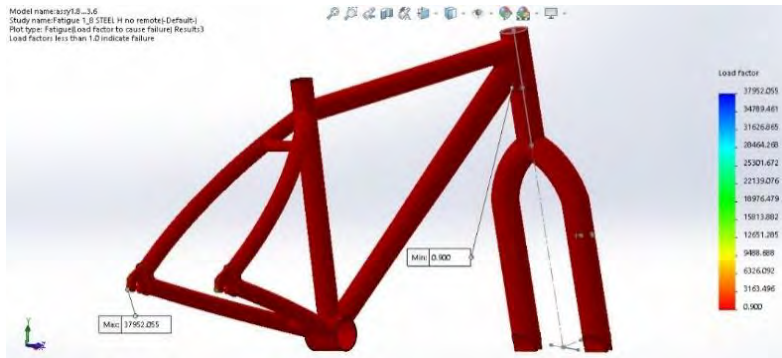
Pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 3 dari simulasi didapatkan hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti

mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*, akan tetapi juga terdapat area yang berwarna merah, yaitu pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 29273,303 *cycle* seperti pada Gambar 4.15. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 29273,303 *cycle*.

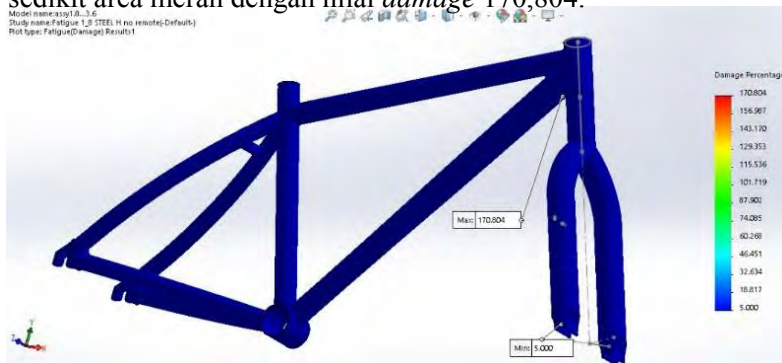


Safety factor yang terdapat pada variasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.16. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,900 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian

belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 37952,055 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.17. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 170,804.

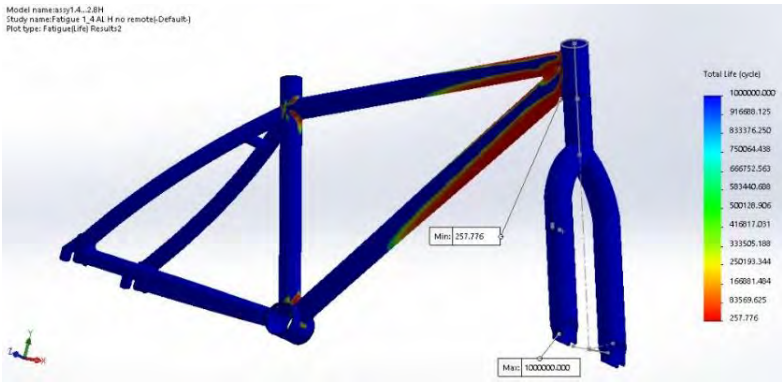


4.4.1.4 Frame variasi 4 (Bahan Al Ketebalan 1,4 mm)

Pada variasi keempat, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,4 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium. Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 4 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.6 berikut ini :

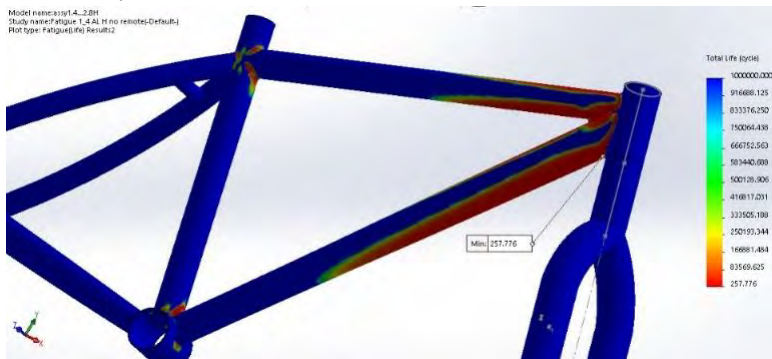
Tabel 4. 6 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 4

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	257,776
<i>Safety Factor minimum</i>	0,25
<i>Damage maximum</i>	19396,666

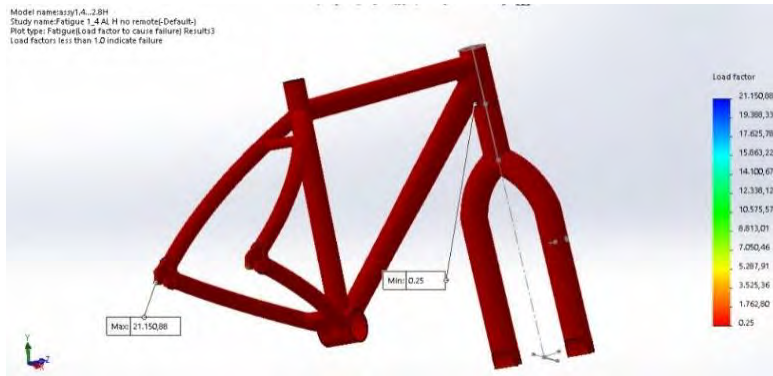


Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 4 dari simulasi didapatkan hasil bahwa

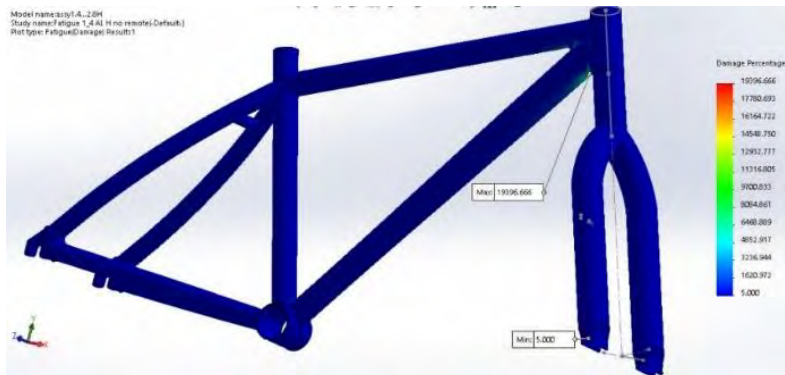
dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle* dan sebagian area berwarna merah, area yang berwarna merah kebanyakan terletak pada: bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube*, sambungan antara *top tube* dan *head tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 257,776 *cycle* seperti pada Gambar 4.19. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 257,776 *cycle*.



Safety factor yang terdapat pada variasi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.20. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,25 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 21150,88 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.21. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 19396,666.



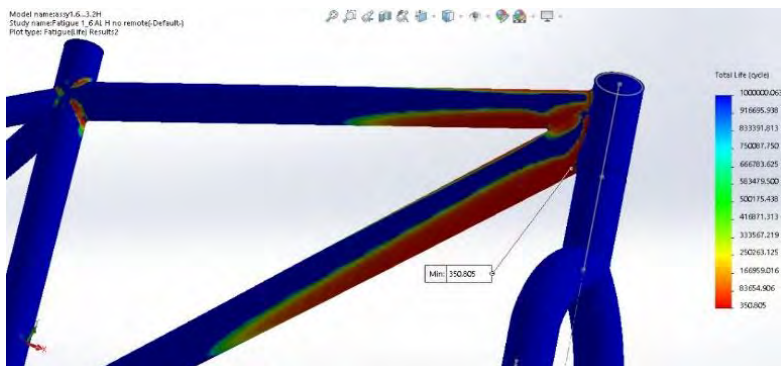
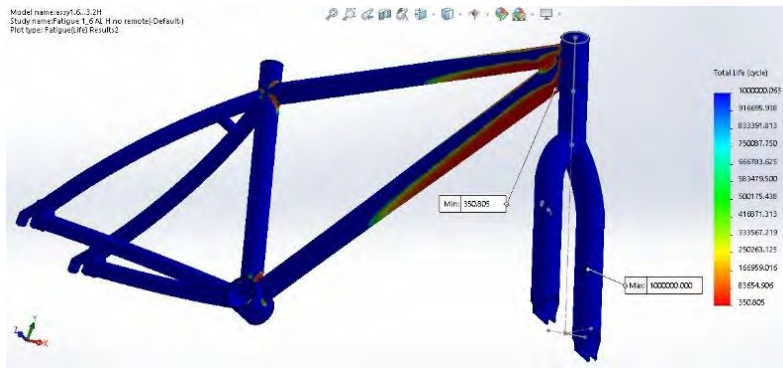
4.4.1.5 *Frame variasi 5 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)*

Pada variasi kelima, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,6 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium. Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 5 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.7 berikut ini :

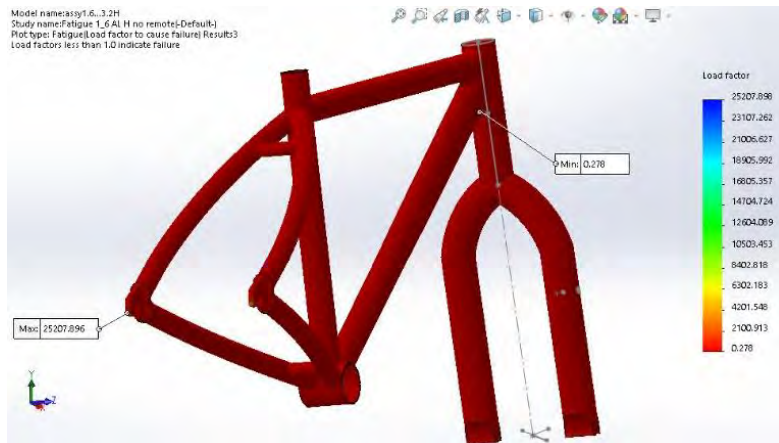
Tabel 4. 7 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 5

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	350,805
<i>Safety Factor minimum</i>	0,278
<i>Damage maximum</i>	14252,933

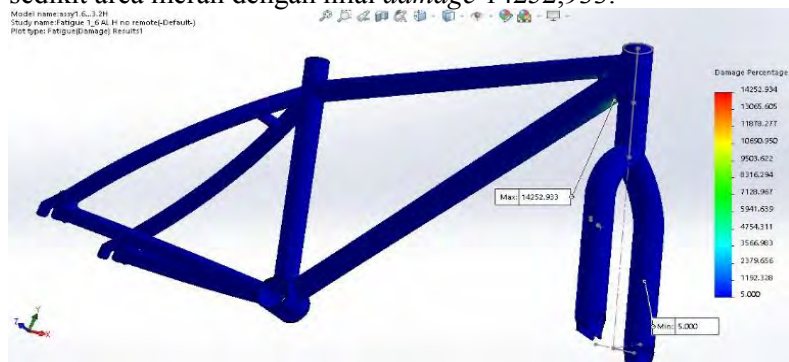
Pada Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 5 dari simulasi didapatkan hasil yang mirip seperti pada variasi 4 bahwa kebanyakan permukaan berwarna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*, dan area yang berwarna merah juga terletak pada: bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube*, sambungan antara *top tube* dan *head tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 350,805 *cycle* seperti pada Gambar 4.23. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 350,805 *cycle*.



Safety factor yang terdapat pada variasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.24. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,278 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 25207,896 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.25. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 14252,933.



4.4.1.6 *Frame variasi 6* (Bahan Al Ketebalan 1,8 mm)

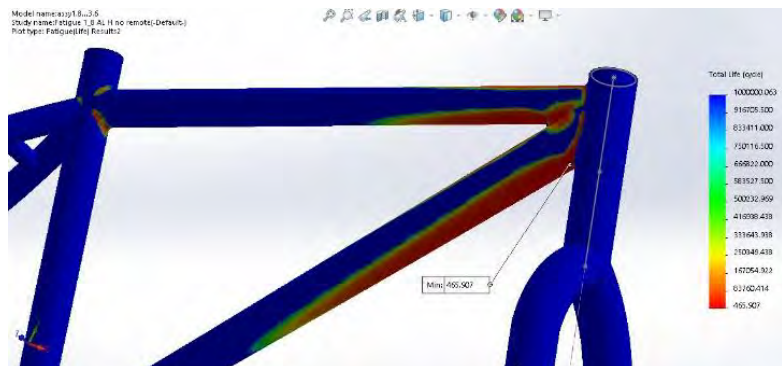
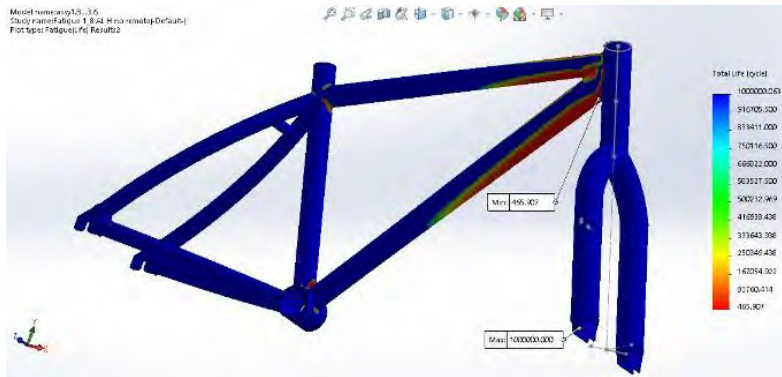
Pada variasi keenam, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,8 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium.

Simulasi *fatigue* ini menggabungkan dua simulasi *static* dengan gaya yang berbeda seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu -600 N dan +1200 N. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 6 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.8 berikut ini :

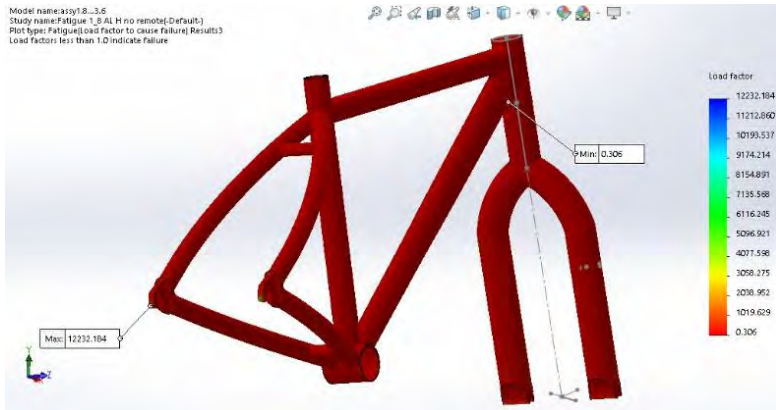
Tabel 4. 8 Hasil simulasi pembebanan *horizontal* variasi 6

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	465,907
<i>Safety Factor minimum</i>	0,306
<i>Damage maximum</i>	10731,755

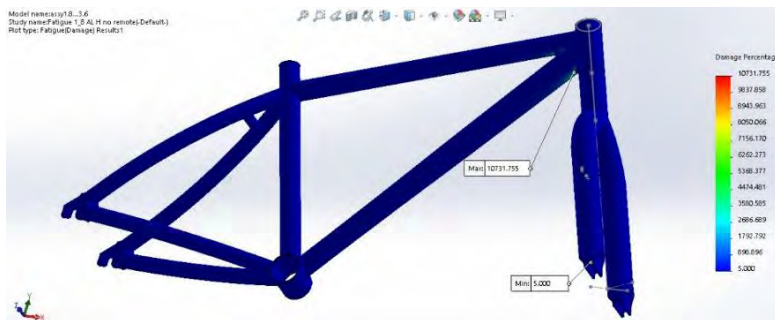
Pada Gambar 4.26 dapat dilihat bahwa hasil simulasi mirip seperti pada variasi 4, yaitu *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 6 dari simulasi didapatkan hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*, akan tetapi juga terdapat area yang berwarna merah, yaitu pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dengan *down tube*, sambungan antara *top tube* dan *head tube* dengan nilai *life minimum* sebesar 465,907 *cycle* seperti pada Gambar 4.27. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* tidak aman dan memiliki siklus diatas 465,907 *cycle*.



Safety factor yang terdapat pada variasi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.28. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 0,306 yang letaknya juga sama seperti *life frame*, yaitu dibawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* dengan distribusi warna merah. Akan tetapi pada bagian belakang *rear end* memiliki *safety factor* terbesar, yaitu 12232,184 yang merupakan nilai maksimalnya.



Damage yang terjadi pada variasi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.29. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna dominan yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Sedangkan pada bagian bawah sambungan antara *head tube* dan *down tube* sama seperti letak area minimum *life frame* terdapat sedikit area merah dengan nilai *damage* 10731,755.



4.4.2 Hasil Simulasi *fatigue with vertical force*

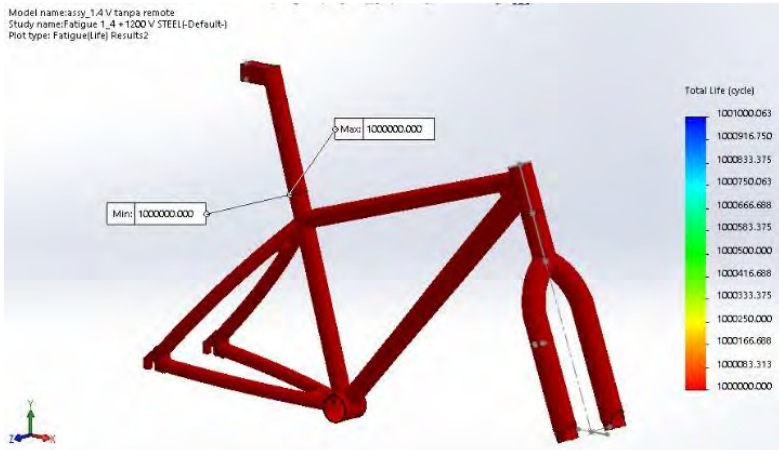
4.4.2.1 *Frame variasi 1 (Bahan Steel Ketebalan 1,4 mm)*

Pada variasi pertama untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,4 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 1 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.9 berikut ini :

Tabel 4. 9 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 1

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	1.000.000
<i>Safety Factor minimum</i>	3,234
<i>Damage maximum</i>	5,000

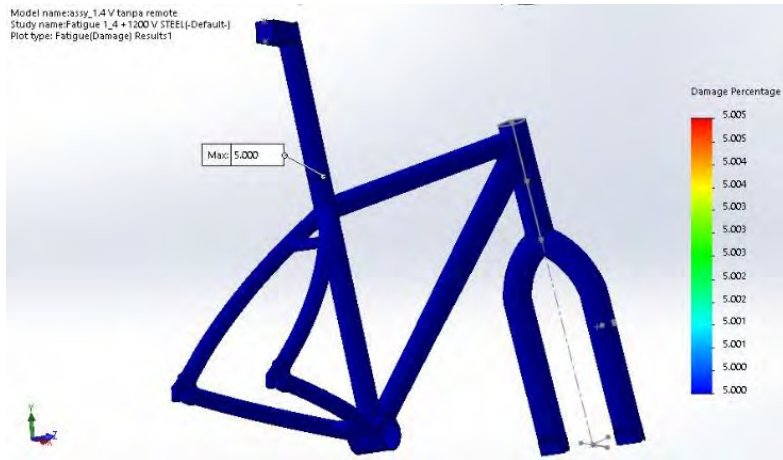
Pada Gambar 4.30 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 1 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna merah yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.



Safety factor yang terdapat pada variasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.31. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 3,23 dengan letak yang tersebar secara merata pada *frame*.



Damage yang terjadi pada variasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.32. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna keseluruhan dari frame yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000.



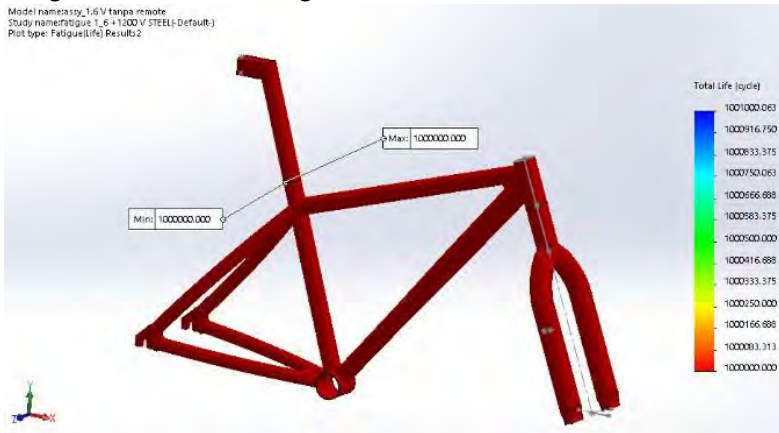
4.4.2.2 *Frame variasi 2 (Bahan Steel Ketebalan 1,6 mm)*

Pada variasi kedua untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,6 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 2 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4. 10 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 2

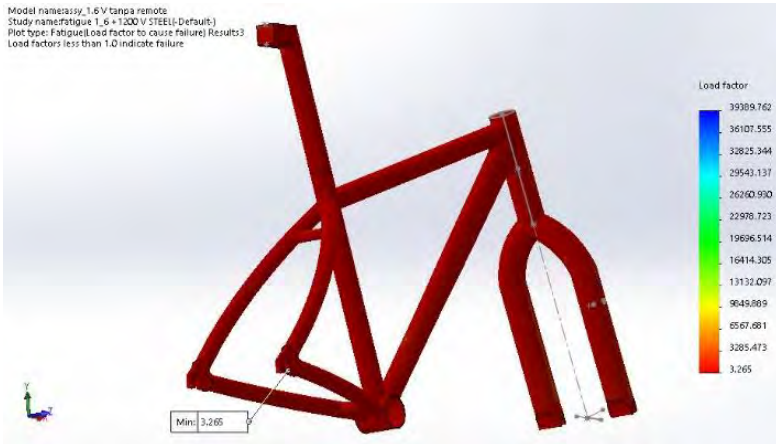
Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	1.000.000
<i>Safety Factor minimum</i>	3,265
<i>Damage maximum</i>	5,000

Pada Gambar 4.33 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 2 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna merah yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.

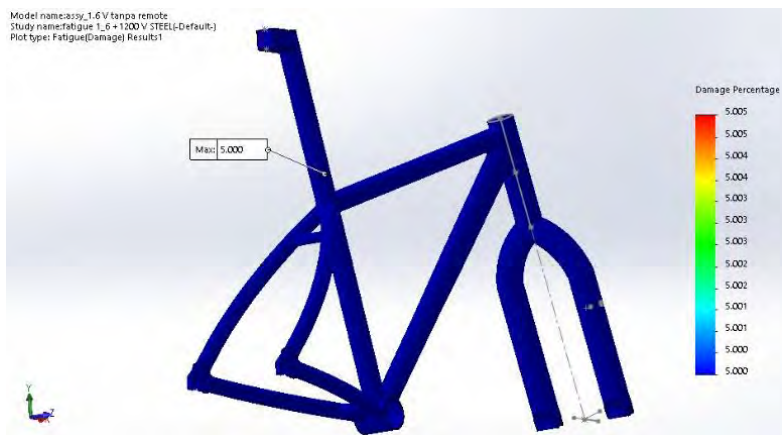


Safety factor yang terdapat pada variasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.34. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety*

factor minimum yang bernilai 3,265 dengan letak yang tersebar secara merata pada *frame*.



Damage yang terjadi pada variasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.35. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna keseluruhan dari frame yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000.



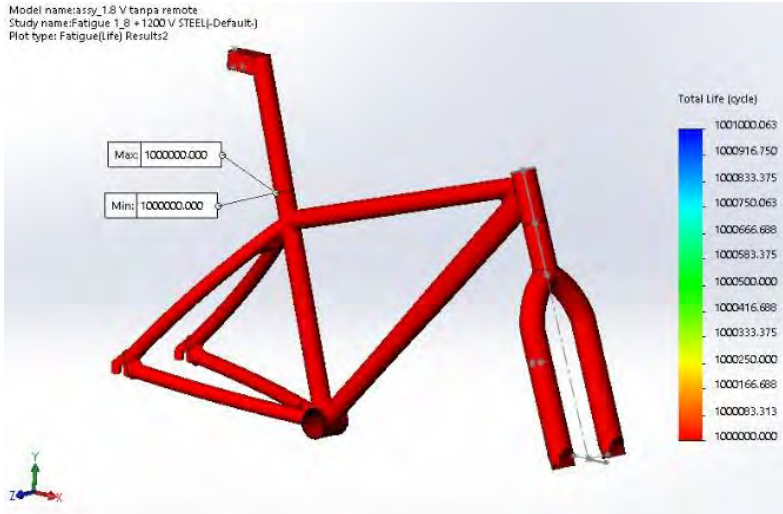
4.4.2.3 *Frame variasi 3 (Bahan Steel Ketebalan 1,8 mm)*

Pada variasi ketiga untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,8 mm dan jenis material AISI 4130 Steel. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 3 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.11 berikut ini :

Tabel 4. 11 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 3

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	1.000.000
<i>Safety Factor minimum</i>	3,316
<i>Damage maximum</i>	5,000

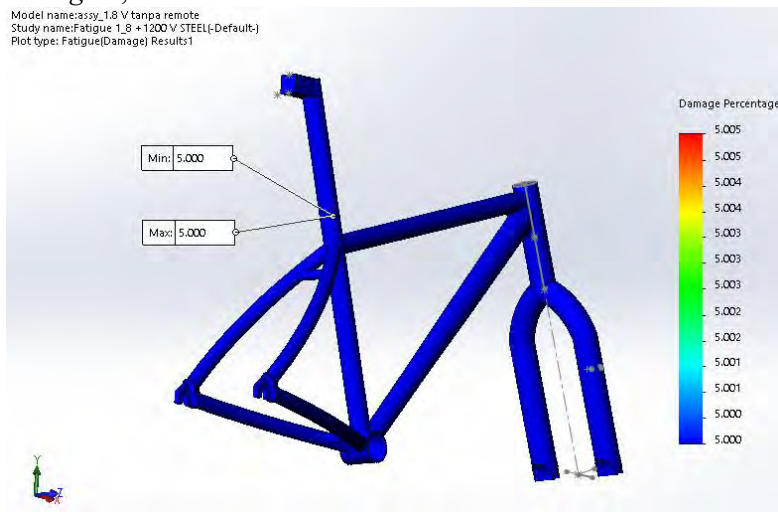
Pada Gambar 4.36 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 3 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna merah yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.



Safety factor yang terdapat pada variasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.37. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 3,316 dengan letak yang tersebar secara merata pada *frame*.



Damage yang terjadi pada variasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.38. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa warna keseluruhan dari frame yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000.



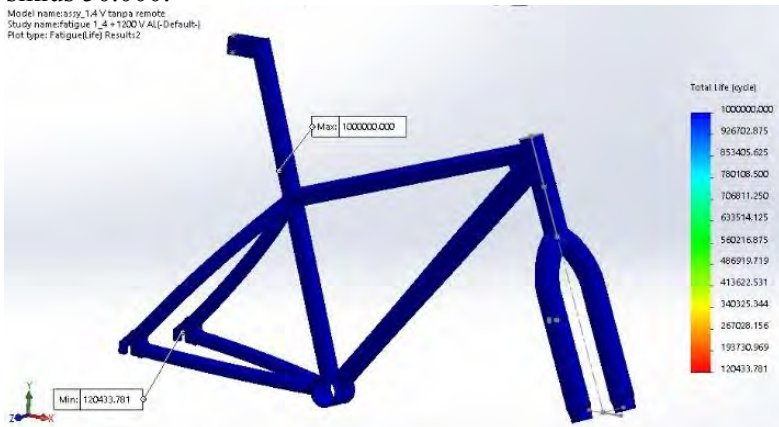
4.4.2.4 *Frame variasi 4 (Bahan Al Ketebalan 1,4 mm)*

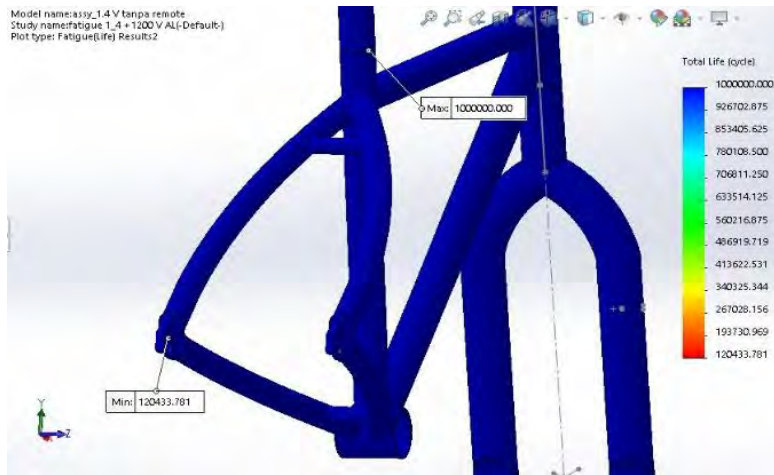
Pada variasi keempat untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,4 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 4 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.12 berikut ini :

Tabel 4. 12 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 4

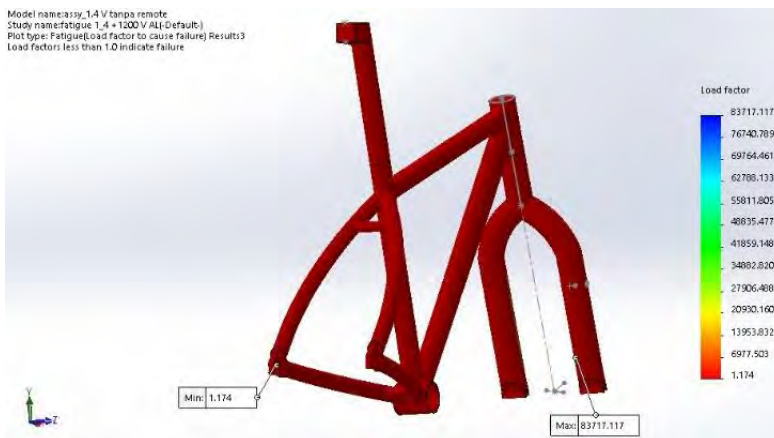
Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	120433,781
<i>Safety Factor minimum</i>	1,174
<i>Damage maximum</i>	41,517

Pada Gambar 4.39 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 4 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang hampir seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Akan tetapi, juga terdapat sangat sedikit daerah yang berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 120433,781 *cycle* seperti pada Gambar 4.40. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* masih aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.

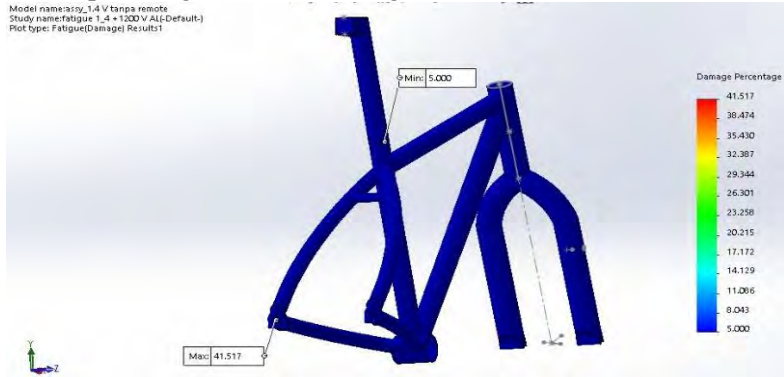




Safety factor yang terdapat pada variasi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.41. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 1,174 dengan letak pada bagian *rear end*.



Damage yang terjadi pada variasi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.42. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa hampir warna keseluruhan dari *frame* yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Akan tetapi, juga terdapat sedikit area berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 41,517.



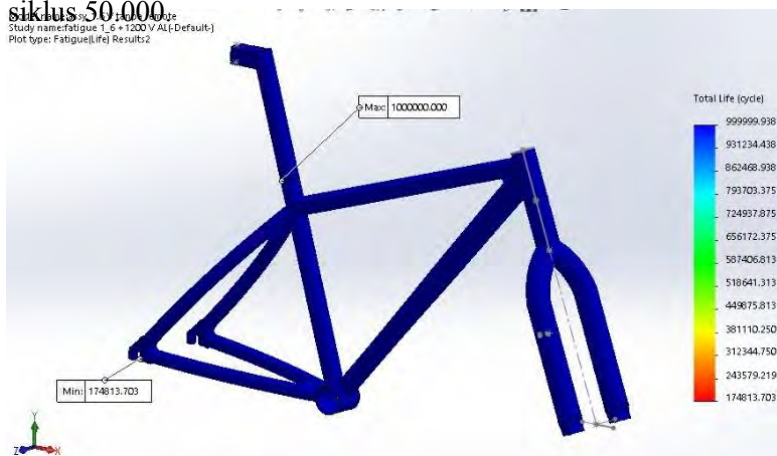
4.4.2.5 *Frame variasi 5 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)*

Pada variasi kelima untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,6 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 5 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.13 berikut ini :

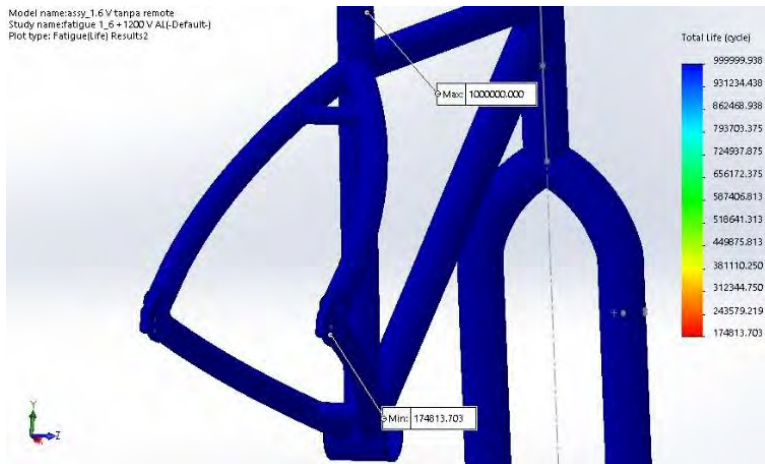
Tabel 4. 13 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 5

Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	174813,703
<i>Safety Factor minimum</i>	1,258
<i>Damage maximum</i>	28,602

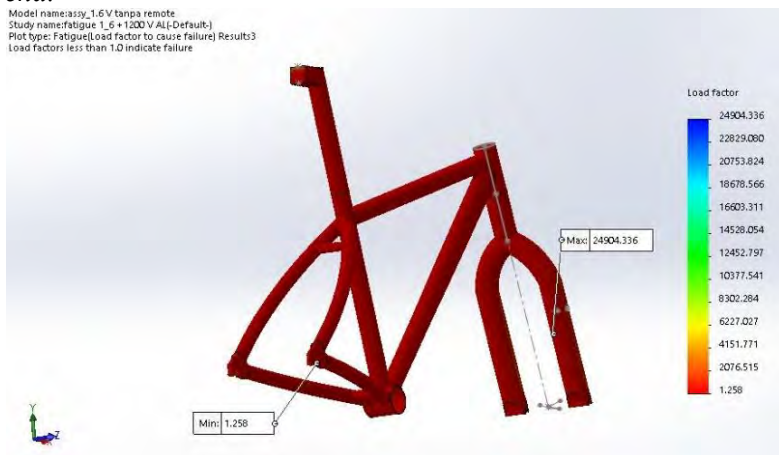
Pada Gambar 4.43 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 5 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang hampir seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Akan tetapi, juga terdapat sangat sedikit daerah yang berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 174813,703 *cycle* seperti pada Gambar 4.44. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* masih aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.



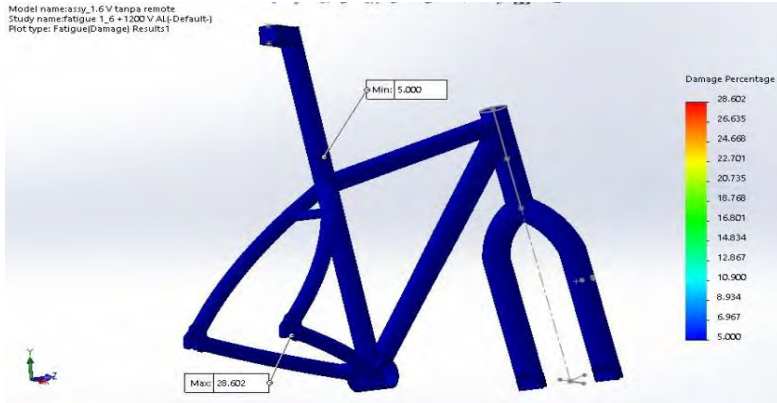
Gambar 4. 43 Hasil simulasi *fatigue frame vertical force* variasi 5



Safety factor yang terdapat pada variasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.45. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 1,258 dengan letak pada bagian *rear end*.



Damage yang terjadi pada variasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.46. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa hampir warna keseluruhan dari *frame* yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Akan tetapi, juga terdapat sedikit area berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 28,602.



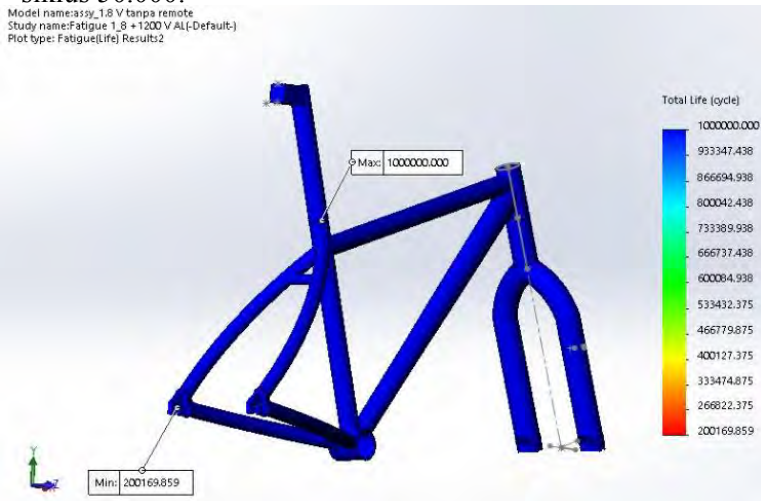
4.4.2.6 *Frame variasi 6 (Bahan Al Ketebalan 1,6 mm)*

Pada variasi keenam untuk simulasi *fatigue with vertical force*, simulasi *frame* dilakukan dengan ketebalan 1,8 mm dan jenis material AA 6061 T6 Aluminium. Simulasi *fatigue* ini memakai simulasi *static* dengan gaya 0 N dan +1200 N seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dari simulasi *fatigue* pada variasi 6 ini menghasilkan nilai *life (cycle)* minimum, *safety factor* minimum dan *damage* maksimum, seperti yang terlihat pada Tabel 4.14 berikut ini :

Tabel 4. 14 Hasil simulasi pembebanan *vertical* variasi 6

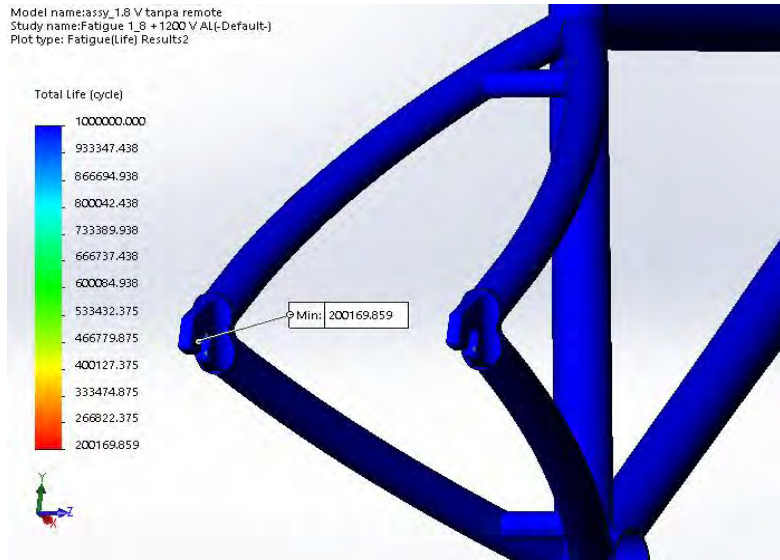
Data	Nilai
<i>Life Minimum</i>	200169,859
<i>Safety Factor minimum</i>	1,290
<i>Damage maximum</i>	24,979

Pada Gambar 4.47 dapat dilihat bahwa *life (cycle)* yang terjadi pada *frame* variasi 6 untuk *fatigue frame vertical force* dari simulasi didapatkan nilai yang hampir seragam yaitu 1.000.000 *cycle*, ini dapat dilihat dari hasil bahwa dari seluruh permukaan di dominasi oleh warna biru yang berarti mampu bertahan sebanyak 1.000.000 *cycle*. Akan tetapi, juga terdapat sangat sedikit daerah yang berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 200169,859 *cycle* seperti pada Gambar 4.48. Hal ini menunjukkan bahwa *frame* masih aman sesuai dengan standar CEN dengan batas siklus 50.000.



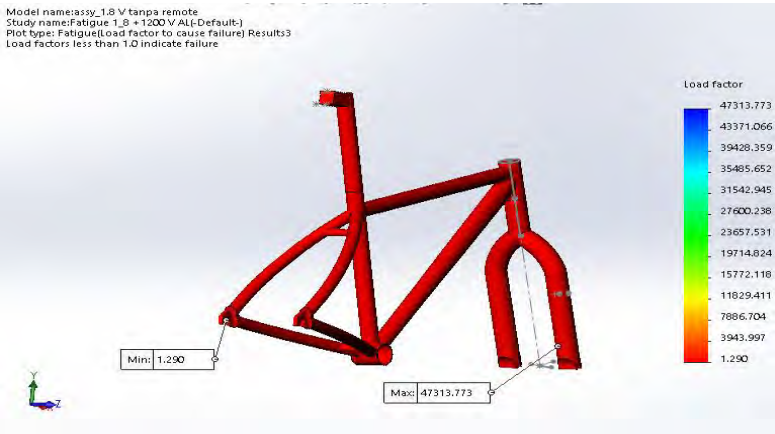
Gambar 4. 47 Hasil simulasi *fatigue frame vertical force* variasi 6

Model name:assy_1.8 V tanpa remote
 Study name:Fatigue 1.8 + 1200 V AL(-Default-)
 Plot type: Fatigue(Life) Results2

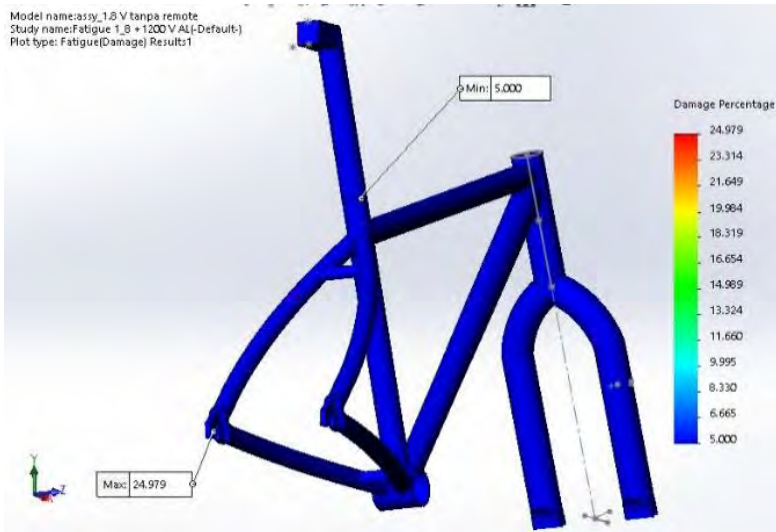


Safety factor yang terdapat pada variasi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.49. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa *safety factor* minimum yang bernilai 1,290 dengan letak pada bagian *rear end*.

Model name:assy_1.8 V tanpa remote
 Study name:Fatigue 1.8 + 1200 V AL(-Default-)
 Plot type: Fatigue(Load factor to cause failure) Results3
 Load factors less than 1.0 indicate failure



Damage yang terjadi pada variasi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.50. Dari simulasi didapatkan hasil bahwa hampir warna keseluruhan dari *frame* yang terlihat adalah warna biru dengan nilai *damage* 5,000. Akan tetapi, juga terdapat sedikit area berwarna merah pada bagian *rear end* dengan nilai 28,602.



4.5 Pembahasan Hasil Simulasi

4.5.1 Analisa Perbandingan *frame* bahan steel

Dari simulasi yang dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.15 untuk material steel dengan pembebanan horizontal dan Tabel 4.16 dengan pembebanan vertikal.

Tabel 4. 15 Perbandingan hasil simulasi *fatigue frame with horizontal force* material AISI 4130 Steel

Parameter	Ketebalan (mm)		
	1,4	1,6	1,8
<i>Life min (cycle)</i>	12985,88	23914,129	29273,303
<i>Safety factor min</i>	0,763	0,864	0,900
<i>Damage max</i>	385,034	209,081	170,804

Ditinjau dari hasil simulasi *life* didapatkan kesimpulan bahwa ketebalan 1,6 mm lebih baik daripada ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm paling baik dari ketebalan yang lain. Akan tetapi, dari semua ketebalan tidak ada yang mencapai batas nilai dari standar CEN.

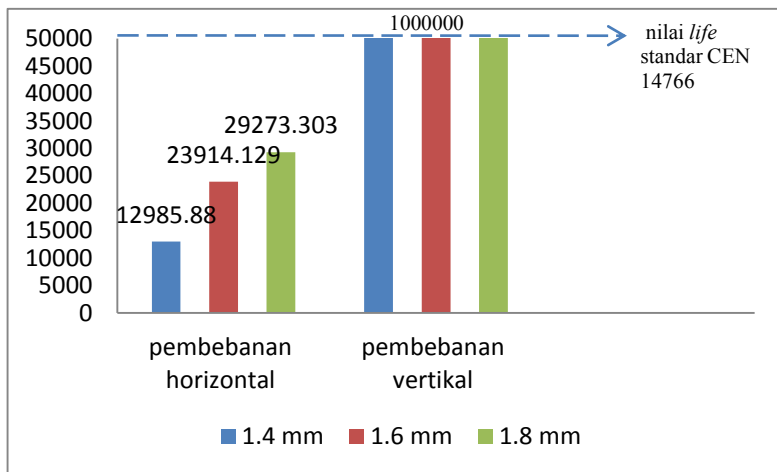
Pada tingkat keamanan menunjukkan bahwa nilai *safety factor* tingkat keamanan dengan tebal 1,6 mm lebih aman dibandingkan dengan ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm adalah yang paling aman karena mempunyai nilai *safety factor* paling besar. Akan tetapi dari semua ketebalan tidak ada yang aman atau melewati angka 1.

Tabel 4.16 Perbandingan hasil simulasi *fatigue frame with vertical force* material AISI 4130 Steel

Parameter	Ketebalan (mm)		
	1,4	1,6	1,8
<i>Life min (cycle)</i>	1.000.000	1.000.000	1.000.000
<i>Safety factor min</i>	3,234	3,265	3,316
<i>Damage max</i>	5,000	5,000	5,000

Dari Tabel 4.16 Nilai *life minimum* pada *frame* dengan jenis material AISI 4130 Steel, pada semua ketebalan menghasilkan 1000000 *cycle* yang berarti semua ketebalan mencapai batas standar CEN dan aman dalam pengujian *fatigue with vertical force*.

Pada tingkat keamanan menunjukkan bahwa nilai *safety factor* tingkat keamanan dengan tebal 1,6 mm lebih aman dibandingkan dengan ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm adalah yang paling aman karena mempunyai nilai *safety factor* paling besar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semua ketebalan pada bahan material AISI 4130 Steel menunjukkan *frame* aman dalam pengujian *fatigue with vertical force*.



Bila ditinjau dari gambar 4.51 di atas dengan membandingkan hasil simulasi berdasarkan parameter *life*, untuk bahan material AISI 4130 dengan tiga variasi ketebalan yang berbeda menunjukkan bahwa struktur *frame* tidak aman pada pengujian *fatigue with horizontal force* dengan standar yang digunakan karena struktur *frame* tersebut tidak mencapai batas

siklus yang ditetapkan yaitu 50000 siklus. Begitu juga nilai *life* untuk bahan material struktur *frame* AA 6061 T6 Aluminium dengan semua ketebalan yang divariasikan tidak dapat mencapai batas yang ditetapkan. Daerah kritis yang mempunyai siklus terkecil adalah sambungan antara *down tube* dan *head tube* Maka dapat disimpulkan bahwa *frame* dengan variasi bahan dan ketebalan yang dipakai tidak kuat menahan beban dalam pengujian *fatigue with horizontal force* sehingga tidak aman.

4.5.2 Analisa Perbandingan *frame* bahan aluminium

Dari simulasi pengujian yang dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.17 untuk material aluminium dengan pembebanan horizontal dan Tabel 4.18 dengan pembebanan vertikal.

Tabel 4.17 Perbandingan hasil simulasi *fatigue frame with horizontal force* material AA 6061 T6 Aluminium

Parameter	Ketebalan (mm)		
	1,4	1,6	1,8
<i>Life min (cycle)</i>	257,776	350,805	465,907
<i>Safety factor min</i>	0,25	0,278	0,306
<i>Damage max</i>	19396,666	14252,933	10731,755

Dari hasil simulasi *life* didapatkan kesimpulan bahwa ketebalan 1,6 mm lebih baik daripada ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm paling baik dari ketebalan yang lain. Namun, dari semua ketebalan tidak ada yang mencapai batas nilai dari standar CEN yaitu 50000 siklus.

Pada tingkat keamanan menunjukkan bahwa nilai *safety factor* tingkat keamanan dengan tebal 1,6 mm lebih aman dibandingkan dengan ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm

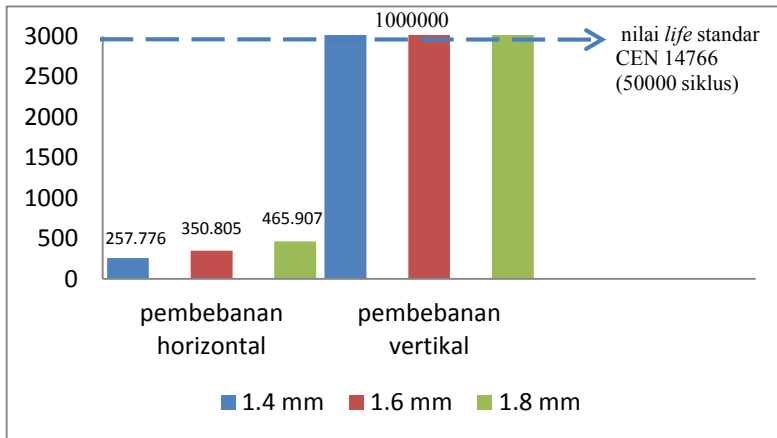
adalah yang paling aman karena mempunyai nilai *safety factor* paling besar. Akan tetapi dari semua ketebalan tidak ada yang aman atau melewati angka 1 seperti bahan AISI 4130 Steel.

Tabel 4.18 Perbandingan hasil simulasi *fatigue frame with vertical force* material AA 6061 T6 Aluminium

Parameter	Ketebalan (mm)		
	1,4	1,6	1,8
<i>Life min (cycle)</i>	120433,781	174813,703	200169,859
<i>Safety factor min</i>	1,174	1,258	1,290
<i>Damage max</i>	41,517	28,602	24,979

Dari hasil simulasi *life* didapatkan kesimpulan bahwa ketebalan 1,6 mm lebih baik daripada ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm adalah paling baik dari ketebalan yang lain. Dari semua ketebalan yang ada, semua mencapai batas nilai dari standar CEN yang berarti aman.

Tingkat keamanan simulasi menunjukkan bahwa nilai *safety factor* dengan tebal 1,6 mm lebih aman dibandingkan dengan ketebalan 1,4 mm dan ketebalan 1,8 mm adalah yang paling aman karena mempunyai nilai *safety factor* paling besar. Maka dari semua ketebalan menunjukan indikasi aman karena melewati angka 1.

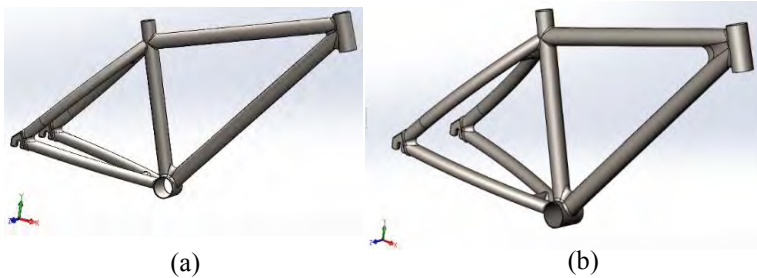


Bila ditinjau dari gambar 4.55 di atas, maka dapat disimpulkan bahwa *frame* dengan variasi bahan dan ketebalan yang dipakai kuat menahan beban dalam pengujian *fatigue with vertical force* sehingga aman.

4.5.3 Analisa *frame* modifikasi

Untuk mendapatkan *frame* yang sesuai standar CEN ketika dilakukan simulasi *fatigue frame with horizontal force*, maka dilakukan variasi ketebalan yang berbeda-beda pada setiap bagian *tube* dan dibagian *down tube* dibuat diameter yang seragam agar siklus yang didapat mencapai batas standar CEN yaitu 50000 siklus. Pada *frame* perbaikan *steel* dilakukan Penebalan yang sama pada setiap *tube* yaitu 1,8mm, akan tetapi pada bagian *down tube* dibuat diameter geometri yang seragam yaitu 42mm. Sedangkan pada *frame* perbaikan aluminium penebalan yang dilakukan yaitu pada *seat stay* dan *chain stay* menjadi 3mm lalu pada *down tube* geometri ukuran diameter *tube* dibuat sama yaitu 42mm, kemudian *top tube* dan *down tube* berubah ketebalannya menjadi 11mm dan 10mm, lalu *fillet* pada sambungan *tube* antara *top tube* dan *down tube* diperbesar menjadi 23mm. Untuk *head tube*, *seat tube* dan

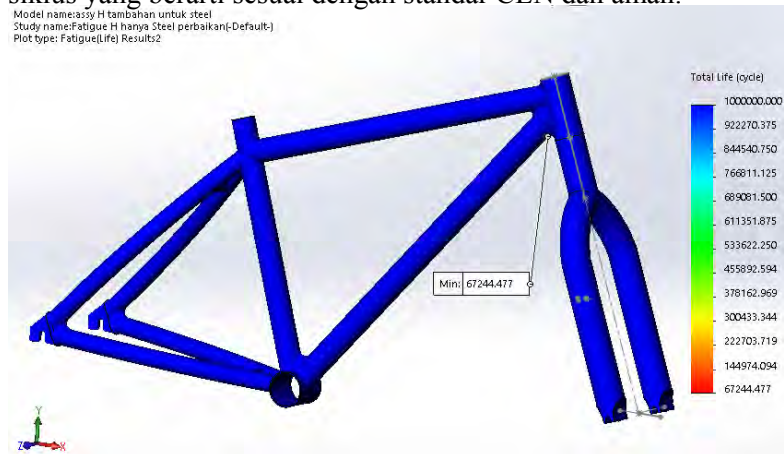
bottom bracket dengan ketebalan 1,8mm. Pada Gambar 4.52 adalah hasil jadi *frame* setelah dilakukan perubahan variasi pada setiap *tube*.



Gambar 4. 54 *Frame* modifikasi (a) *frame* perbaikan steel, (b) *frame* perbaikan aluminium

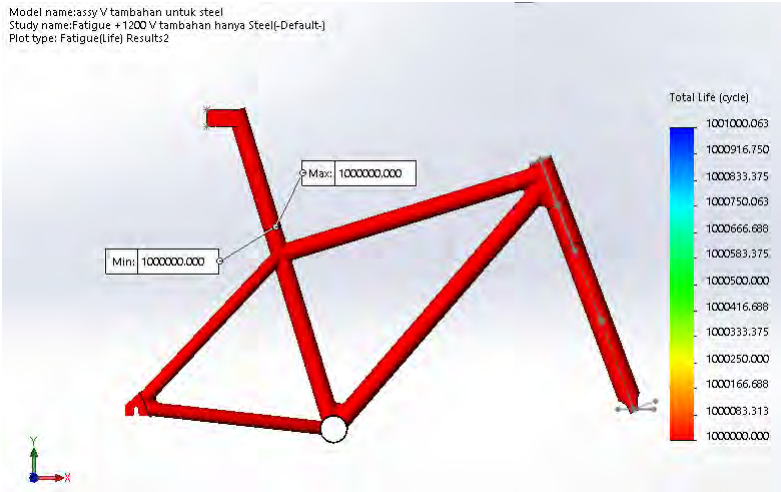
4.5.3.1 Analisa *frame* modifikasi bahan steel

Pada *frame* dengan bahan material AISI 4130 Steel setelah dilakukan simulasi *fatigue frame with horizontal force* seperti pada Gambar 4.53 didapatkan hasil siklus minimum sebesar 67244,477 siklus yang berarti sesuai dengan standar CEN dan aman.



Gambar 4. 55 Hasil simulasi *life* pembebanan horizontal bahan Steel modifikasi

Pada pengujian *fatigue with vertical force* dengan desain baru, maka didapatkan hasil nilai siklus minimum untuk bahan AISI 4130 Steel seperti pada gambar 4.56 yaitu sebesar 1000000 siklus yang berarti *frame* dalam kondisi aman dan sesuai standar CEN.



Gambar 4.56 Hasil simulasi *life* pembebanan vertikal bahan Steel modifikasi

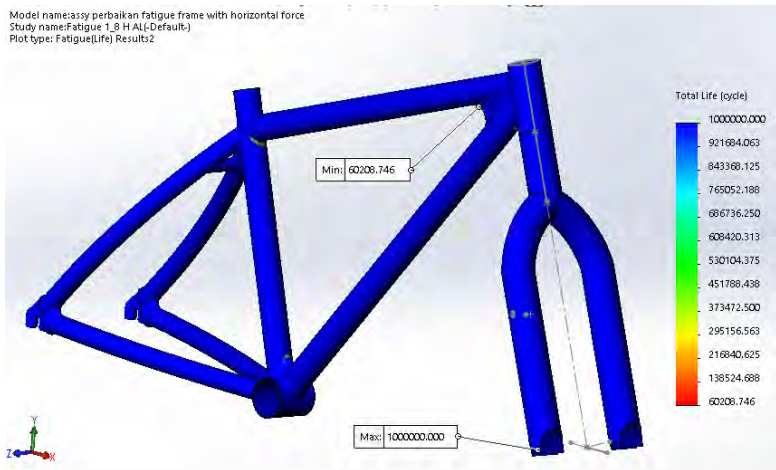
Tabel 4.19 Hasil simulasi frame modifikasi steel

Parameter	Pembebanan horizontal	Pembebanan vertikal
Life min (cycle)	1.000.000	1.000.000
Berat (kg)	752,69	

Pada Tabel 4.19 dapat dilihat nilai life minimum pada pembebanan horizontal dan pembebanan vertikal sebesar 1.000.000 cycle yang artinya frame sudah dalam kondisi aman.

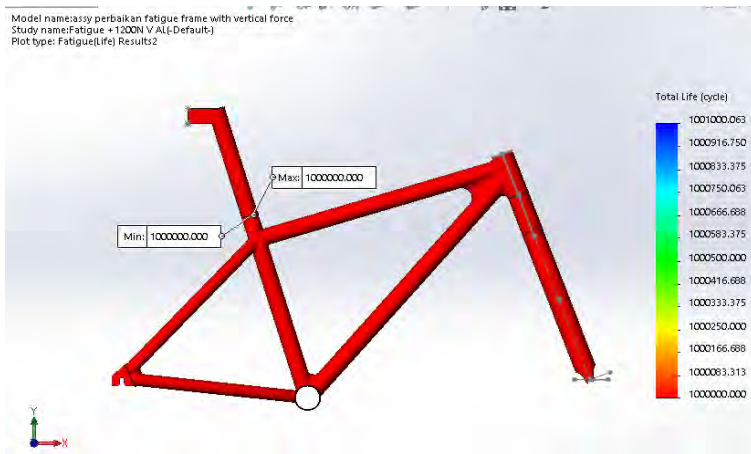
4.5.3.2 Analisa *frame* modifikasi bahan aluminium

Pada Gambar 4.57 didapatkan hasil siklus minimum pada sambungan antara *top tube* dan *down tube* yaitu sebesar 60208,746 siklus yang berarti *frame* tersebut sudah aman dan sesuai dengan standar CEN.



Gambar 4.57 Hasil simulasi *life* pembebanan horizontal bahan Aluminium modifikasi

Untuk material AA 6061 T6 Aluminium dalam simulasi pengujian *fatigue with vertical force* dengan desain baru seperti yang dijelaskan di atas, maka didapatkan hasil nilai siklus minimum yang sama seperti bahan AISI 4130 Steel yaitu sebesar 1000000 siklus seperti yang terlihat pada gambar 4.58 yang berarti *frame* dalam kondisi aman dan sesuai standar CEN.



Gambar 4. 58 Hasil simulasi *life* pembebanan vertikal bahan Aluminium modifikasi

Tabel 4.20 Hasil simulasi frame modifikasi aluminium

Parameter	Pembebanan horizontal	Pembebanan vertikal
Life min (cycle)	60208,746	1.000.000
Berat (kg)	1881,49	

Pada Tabel 4.20 dapat dilihat nilai life minimum pada pembebanan horizontal sebesar 60208,746 dan pembebanan vertikal sebesar 1000000 cycle yang artinya frame sudah dalam kondisi aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian *fatigue frame with horizontal force*, didapatkan *life fatigue* yaitu:
 - a. *Frame* dengan tipe material AISI 4130 didapatkan nilai *life* minimum terkecil yaitu 12985 *cycles* ketebalan 1,4 mm. Sedangkan dengan tipe material AA 6061 T6 nilai *life* minimum terkecil yaitu 257 *cycles* pada ketebalan 1,4 mm.
 - b. Ditinjau dari kedua jenis material dalam pengujian *fatigue frame with horizontal force* tersebut, untuk tipe material AISI 4130 dan AA 6061 T6 menunjukkan *frame* belum melewati batas standar.
2. Untuk pengujian *fatigue frame with vertical force*, didapatkan *life fatigue* yaitu:
 - a. *Frame* dengan tipe material AISI 4130 didapatkan nilai *life* minimum yang sama yaitu 1000000 *cycle* pada setiap ketebalan. Sedangkan dengan tipe material AA 6061 T6 didapatkan nilai *life* minimum terkecil yaitu 120433 *cycles* pada ketebalan 1,4 mm.
 - b. Ditinjau dari kedua jenis material dalam pengujian *fatigue frame with vertical force* tersebut, untuk tipe material AISI 4130 dan AA 6061 T6 menunjukkan bahwa *frame* sudah melewati batas standar.
3. Pada *frame* perbaikan didapatkan hasil yaitu:
 - a. *Frame* perbaikan material AISI 4130 didapatkan nilai *life* minimum untuk pengujian *fatigue frame with horizontal force* yaitu 67244,477 *cycle* dan untuk pengujian *fatigue frame with vertical force* yaitu 1000000 *cycle*.
 - b. *Frame* perbaikan material AA 6061 T6 didapatkan nilai *life* minimum untuk pengujian *fatigue frame with horizontal force* yaitu 60208,746 *cycle* dan untuk pengujian *fatigue frame with vertical force* yaitu 1000000 *cycle*.

- c. Ditinjau dari perbandingan berat kedua jenis material dalam frame perbaikan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *frame* perbaikan steel lebih ringan dan aman dibandingkan frame perbaikan aluminium.

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penambahan ketebalan yang berbeda pada setiap *tube* dan optimasi pada bagian *down tube*, hal ini bertujuan agar pada pengujian *fatigue frame with horizontal force* dan *fatigue frame with vertical force* nilai *life* untuk setiap bahan material berbeda dapat melebihi standar acuan yaitu CEN dan tetap aman.

Bundesrepublik Deutschland

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.

DIN EN 14766 (2006) (English):
Mountain-bicycles - Safety requirements
and test methods [Authority: Directive
2001/95/EC]



DIN EN 14766

DIN

ICS 43.150; 97.220.40

Supersedes
DIN EN 14766:2006-02**Mountain-bicycles –
Safety requirements and test methods
English version of DIN EN 14766:2006-09****Geländefahrräder (Mountainbikes) –
Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren
Englische Fassung DIN EN 14766:2006-09**

Document comprises 93 pages

© No part of this standard may be reproduced without prior permission of
DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Germany,
has the exclusive right of sale for German Standards (DIN-Normen).

English price group 25
www.din.de
www.beuth.de



EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 14766

November 2005

ICS 43.150

English Version

Mountain-bicycles - Safety requirements and test methods

Bicyclettes tout terrain - Exigences de sécurité et méthodes
d'essai

Geländefahrräder (Mountainbikes) - Sicherheitstechnische
Anforderungen und Prüfverfahren

This European Standard was approved by CEN on 7 October 2005.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 2005 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide
for CEN national Members.

Ref. No. EN 14766:2005: E

Foreword

This European Standard (EN 14766:2005) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 333 "Cycles", the secretariat of which is held by UNI.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by May 2006, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by November 2006.

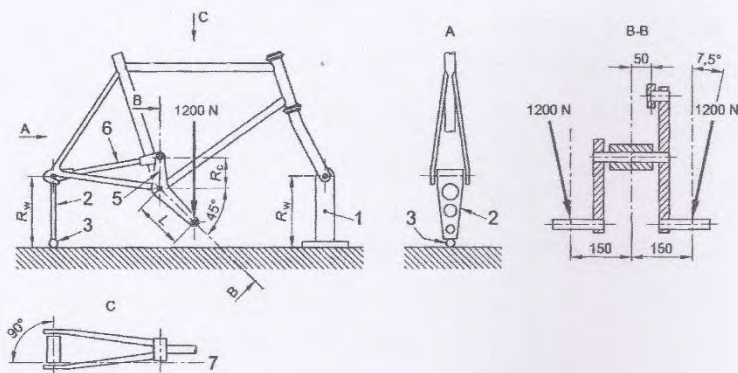
The basis of the European Standard is from a standard being developed for ISO and great care has been taken to ensure compatibility between the two documents.

This European Standard is completely new and is one of a series being produced to cover all types of bicycle:

EN 14764	<i>City and trekking bicycles — Safety requirements and test methods</i>
TC 333 VM 00333002	<i>Cycles - Vocabulary — Terminology (ISO 8090: 1990 Modified)</i>
EN 14765	<i>Bicycles for young children — Safety requirements and test methods</i>
EN 14781	<i>Racing bicycles — Safety requirements and test methods</i>
prEN 14872	<i>Bicycles — Accessories for bicycles — Luggage carriers</i>
prEN 15194	<i>Cycles — Electrically power assisted cycles — EPAC bicycle</i>

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Dimensions in millimetres

**Key**

- R_w Height of rigid mount and vertical link
 R_c Length of vertical arm (75 mm)
 L Length of crank replacement (175 mm)
 1 Rigid mount
 2 Vertical link
 3 Ball-joint
 4 Adaptor assembly
 5 Vertical arm
 6 Tie-rod
 7 Centre-line of tie-rod

Figure 29 — Frame — fatigue test with pedalling forces

4.8.5 Frame — fatigue test with horizontal forces**4.8.5.1 General**

All types of frame shall be subjected to this test.

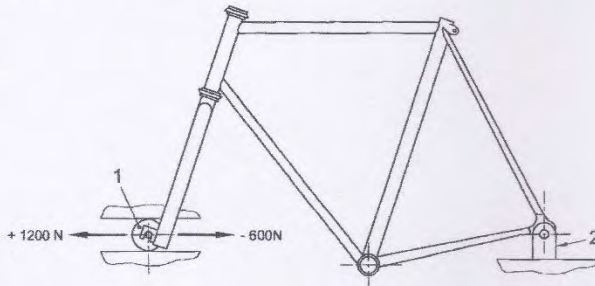
Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, remove the bar.

It is not necessary for a genuine fork to be fitted, provided that any substitute fork is of the same length as the intended fork and it is correctly installed in the steering-head bearings. For a suspension fork, lock it at a length equivalent to that with an 80-kg rider seated on the bicycle either by adjusting the spring/damper or by external means.

In tests on suspension frames with pivoted joints, lock the moving part of the frame into a position as would occur with an 80-kg rider seated on the bicycle. This may be achieved by locking the suspension unit in an appropriate position or, if the type of suspension system does not permit it to be locked, then the suspension system may be replaced by a solid link of the appropriate compressed size. Ensure that the axes of the front and rear axles are horizontally in line, as shown in Figure 30. For suspension-frames in which the chain-stays do not have pivots but

rely on flexing, ensure that any dampers are set to provide the minimum resistance in order to ensure adequate testing of the frame.

Where a suspension frame has adjustable brackets or linkages to vary the resistance of the bicycle against the ground-contact forces or to vary the attitude of the bicycle, arrange the positions of these adjustable components to ensure maximum forces in the frame.



Key

- 1 Free-running guided roller
- 2 Rigid, pivoted mounting for rear axle attachment point

Figure 30 — Frame — fatigue test with horizontal forces

4.8.5.2 Requirement

When tested by the method described in 4.8.5.3, there shall be no visible cracks or fractures in the frame and there shall be no separation of any parts of any suspension system.

For carbon-fibre frames, the peak deflections during the test in either direction from the mean position shall not increase by more than 20 % of the initial values.

4.8.5.3 Test method

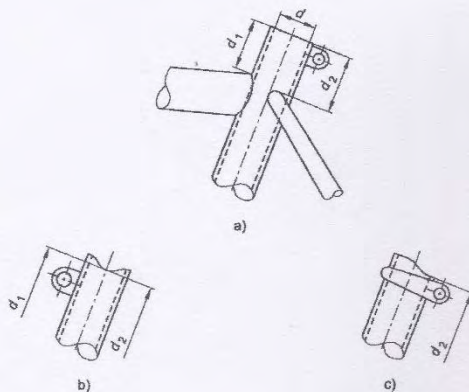
Mount the frame in its normal attitude and secured at the rear drop-outs so that it is not restrained in a rotary sense (i.e. preferably by the rear axle) as shown in Figure 30. Ensure that the axes of the front and rear axes are horizontally in line.

Apply cycles of dynamic, horizontal forces of +1 200 N in a forward direction and -600 N in a rearward direction to the front fork drop-outs for 50 000 cycles as shown in Figure 30, with the front fork constrained in vertical direction but free to move in a fore/aft direction under the applied forces. The maximum frequency shall be 25 Hz.

4.8.6 Frame — fatigue test with a vertical force

4.8.6.1 General

All types of frame shall be tested unless the particular frame has both a top-tube and seat-stays the upper parts of all of which join the seat-tube within a distance of twice the internal diameter of the seat-tube measured from the upper end of the seat-tube and parallel to the seat-tube axis as shown in Figure 31 a). Where the shape of the top face of the seat-tube is other than a plane section perpendicular to the axis of the seat tube, the measurements from the top-tube and the seat-stays (d_1 and d_2 in Figure 31) shall be made to the lowest part of the top edge of the seat-tube (see examples b) and c) Figure 31 c)).

**Key**

$$d_1 \leq 2d$$

$$d_2 \leq 2d$$

Figure 31 — Frame dimensions for exemption from the fatigue test with a vertical force

Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, remove the bar.

For tests on suspension frames see the methods for securing the suspension system described in 4.8.5.1.

If a suspension-fork is fitted lock it at a length equivalent to that with an 80-kg rider seated on the bicycle either by adjusting the spring/damper or by external means.

4.8.6.2 Requirement

When tested by the method described in 4.8.6.3, there shall be no visible cracks or fractures in the frame and there shall be no separation of any parts of the suspension system.

For carbon-fibre frames, the peak deflection during the test in either direction from the mean position shall not increase by more than 20 % of the initial values.

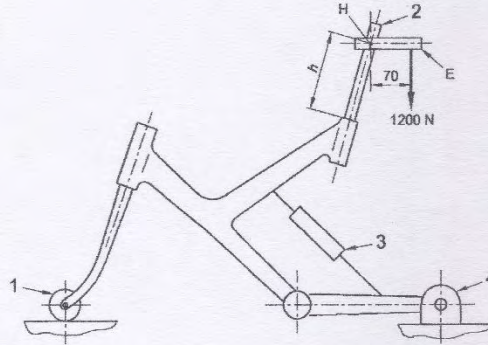
4.8.6.3 Test method

Mount the frame in its normal attitude and secured at the rear drop-outs so that it is not restrained in a rotary sense (i.e. preferably by the rear axle) as shown in Figure 32. Fit a suitable roller to the front axle in order to permit the frame to flex in a fore/aft sense under the test forces.

Insert a tube equivalent to a seat-stem to a depth of 75 mm in the top of the seat-tube and secure this to the manufacturer's instructions by the normal clamp. Securely attach a horizontal, rearward extension (*E* in Figure 32) to the top of this bar such that its length (dimension *h* in Figure 32) places point *H* in a position equivalent to that of the centre of the saddle-clamp with the bicycle at its maximum saddle height recommended for the particular frame, or, if the maximum saddle height information is not available, dimension *h* shall be 250 mm.

Apply cycles of dynamic, vertically-downward forces of 0 to +1 200 N at a point 70 mm behind the intersection of the axes of the solid steel bar and the extension piece, E, as shown in Figure 32 for 50 000 test cycles with a test frequency not exceeding 25 Hz.

Dimension in millimetres



Key

- 1 Free-running roller
- 2 Steel bar
- 3 Locked suspension unit or solid link for pivoted chain-stays
- 4 Rigid, pivoted mounting for rear axle attachment point

Figure 32 — Frame – fatigue test with a vertical force

4.9 Front fork

4.9.1 General

4.9.1, 4.9.2, 4.9.4, 4.9.5, and 4.9.6 apply to all types of fork.

In the strength tests, 4.9.4, 4.9.5, 4.9.6 and 4.9.7, a suspension-fork shall be tested in its free, uncompressed-length condition.

4.9.2 Means of location of the axle and wheel retention

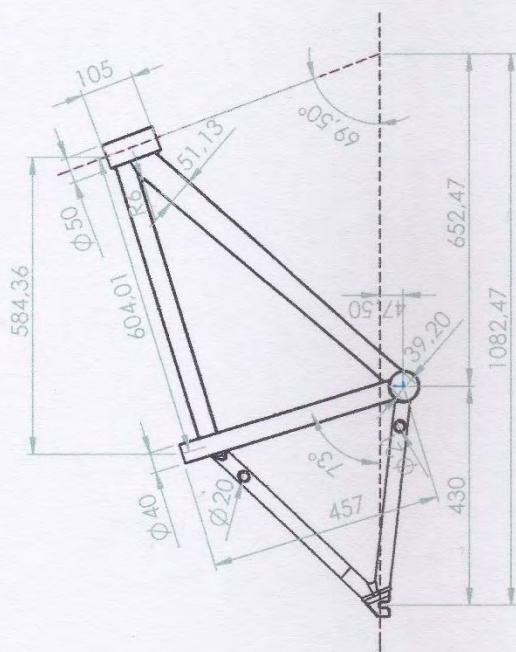
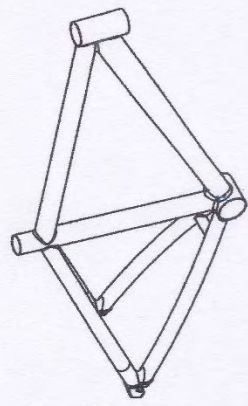
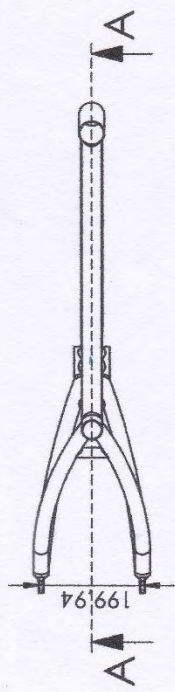
The slots or other means of location for the wheel-axle within the front fork shall be such that when the axle or cones are firmly abutting the top face of the slots, the front wheel remains central within the fork.

The front fork and wheel shall also fulfil the requirements of 4.10.4 and 4.10.5.

4.9.3 Suspension-forks – special requirements

4.9.3.1 Fail-safe requirement

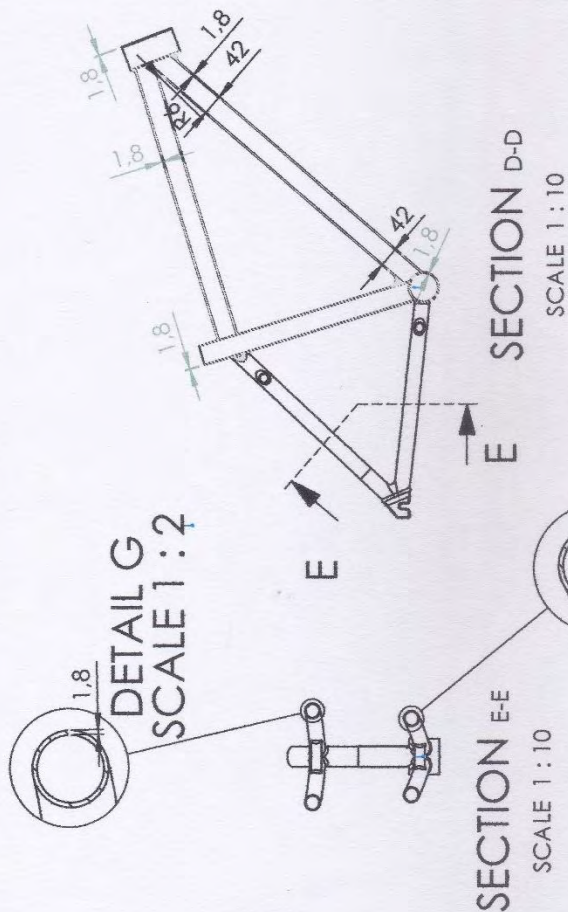
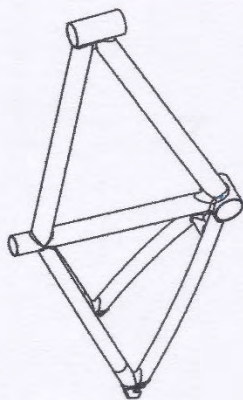
The design shall be such that if the springs or dampers fail, the tyre shall not contact the crown of the fork nor shall the components of the fork separate.



SECTION A-A

SCALE 1 : 10

TITLE:	FRAME MTB	MACHINE:	MTB
SUBTITLE:	GEOMATERI FRAME AWAL		
SCALE :	1:10	DRAWN BY :	RIHAN NISAFALMA
UNITS :	MM	NRP :	1111111111
REV :	0	REVIEWED BY :	ALIF PRADA
DATE :	12/01/16	APPROVED BY :	ALIF PRADA
SUBST :	1	TEKNIK MESIN ITS	1
SIZE:	A4		



FRAME MTB

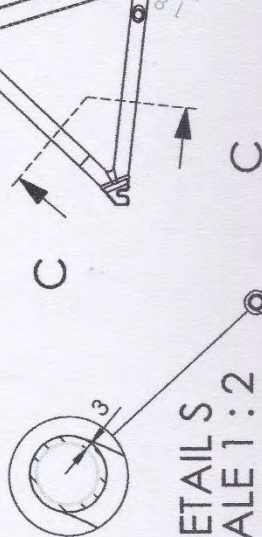
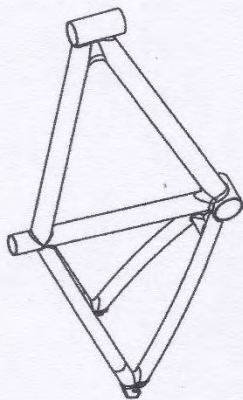
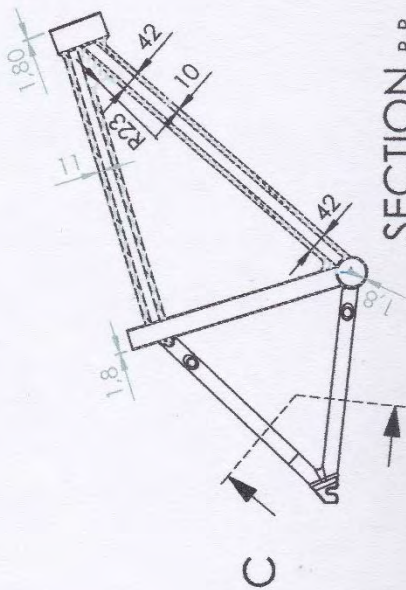
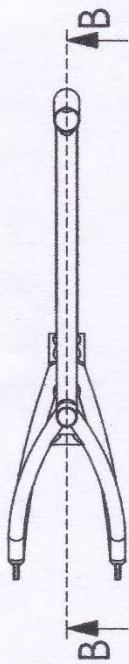
MTB

SUBTITLE: FRAME PERBAIKAN STEEL

SCALE	: 1:10	DRAWN BY :	SHAN HESAPATAMA
UNITS	: MM	NRP :	311164267
REV	: 0	REVIEWED BY :	ALIP WIKATA
DATE	: 12/01/16	APPROVED BY :	ALIP WIKATA

TEKNIK MESIN ITS

15



DETAIL S
SCALE 1:2



DETAIL I
SCALE 1:2

TITLE: FRAME MTB
MACHINE: MTB

SUBTITLE: FRAME PERBAIKAN ALUMINIUM

SCALE : 1:10 DRAWN BY : RYAN HESAFALAMA

UNITS : MM NRP : 31116607

REV : 0 REVIEWED BY : ASEP PRAMA

DATE : 12/01/16 APPROVED BY : ASEP PRAMA

DESIGN : TEKNIK MESIN ITS

SIZE: 2 A4

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andra B. Tedja dan Bambang D.W. .2012.”**Analisa Tegangan dan *Deformed Shape* Pada Rangka Sepeda Fixie**”. Surabaya : ITS.
- [2] Pintowantoro, Sungging, dkk.2010.”**Simulasi Pengujian *Standard EN 14766* Pada Rangka Sepeda Menggunakan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga**”.Surabaya : ITS.
- [3] Leisha A. Peterson and Kelly J. Loundry.1986. **Finite Element Structural Analysis: A New Tool for Bicycle Frame Design**.USA : Bike Tech
- [4] Ir. Zainun Achmad, MSC. 1999. **Elemen Mesin I**. Bandung: Refika Aditama.
- [5] Irawan, Henky.2006.”**Simulasi Pengujian Fatigue Lower Rear Arm dengan menggunakan software ANSYS 8.0**”.Surabaya : ITS.
- [6] DIN EN 14766 (2006) (English):Mountain-bicycles-Safety requirements and test methods [Authority: Directive 2001/95/EC]

BIOGRAFI PENULIS



Berikut data diri penulis bernama Irvan Hedapratama, lahir di Denpasar tanggal 1 April 1991, putra dari pasangan Bapak Drs. H. Widarto dan Ibu Hj. Heri Juniastuti. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Jenjang pendidikan yang pernah di tempuh adalah SDN Karya Bakti I Serpong, SMP Negeri 5 Serpong dan SMA Negeri 1 Cisauk.

Pada tahun 2012 penulis lulus dari pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Kemudian penulis melanjutkan perkuliahan lintas jalur Jurusan S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya tahun 2013. Penulis mengambil bidang keahlian Desain dan mengambil tugas akhir dibidang Mekanika Benda Padat, yaitu Simulasi *Fatigue Frame Mountain Bike* Dengan Variasi Bahan Dan Ketebalan Menggunakan Standar Cen 14766.

Selain itu penulis juga aktif di bidang keorganisasian di BEM Universitas Gadjah Mada. Di BEM Universitas Gadjah Mada, penulis mendapat amanah sebagai anggota Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa 2010-2011, dan aktif dalam Laboratorium Mekanika Benda Padat 2014 - 2015.

Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi banyak masyarakat sekitar dan semoga dengan ini ilmu yang kita tempuh dapat bermanfaat seterusnya, mohon maaf apabila ada salah kata dalam penulisan laporan tugas akhir ini.

Alamat email : hedapratama@gmail.com

Wassalamualaikum Wr. Wb.